

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

EFFETS DE L'EXPOSITION AU MANGANÈSE DANS L'EAU POTABLE ET
IMPACTS POTENTIELS POUR LES ENFANTS SELON UNE APPROCHE
ÉCOSYSTÉMIQUE : UNE ÉTUDE PILOTE EN SANTÉ ET ENVIRONNEMENT

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

FRANÇOIS LAFOREST

FÉVRIER 2009

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

À Geoffroy



Photo Jacques Nadeau, Le Devoir

AVANT-PROPOS

Cette photo que j'ai retrouvée à la une du journal Le Devoir, que le journal m'a gracieusement autorisé à reproduire ici, mérite une attention particulière...

Il y a plusieurs années, voici ce que j'ai vu dans une école du secondaire au moment de recruter des jeunes dans le cadre d'un projet visant la restauration d'un sentier de randonnée pédestre : une dizaine d'enfants que deux enseignants essayaient tant bien que mal de motiver et cela m'avait littéralement impressionné. Je me suis alors demandé comment une si petite communauté pouvait se retrouver dans ce genre de situation.

Près de quinze ans plus tard, lors d'un cours donné par Donna Mergler où elle abordait les pathologies pouvant être reliées au manganèse, je me suis soudainement rappelé ce village toujours aux prises avec une eau imbuvable et qui tachait les vêtements et la vaisselle à cause de la présence du manganèse.

Mais à ce moment, j'avais seulement en tête un projet de mémoire avec Louise Vandelac concernant la consommation de l'eau potable et sa commercialisation fortement inspirée par la situation que vivait cette communauté.

Puis un jour de congrès mon regard se porte sur cette photo en parcourant le journal et l'idée d'un probable lien entre la présence du manganèse dans l'eau potable et les troubles de comportement s'est alors fait immédiatement dans ma tête. J'en ai fait part à Maryse Bouchard, une étudiante de Donna au CINBIOSE qui était alors présente à ce même congrès. Pour la suite, c'est ce que vous pourrez apprécier, je l'espère, en parcourant ces pages.

Un grand merci, bien sûr, à mes deux directrices, Louise Vandelac et Donna Mergler, mais également à Maryse Bouchard qui a bien voulu croire à ce projet un peu fou. Aussi, Monique Charest, pour son soutien, sa patience, ainsi que son partage d'expérience en rédaction et Gabrielle Boucher pour la statistique.

Merci également à la générosité et la disponibilité dont Danielle Marineau, ainsi que toute l'équipe cette municipalité de Lanaudière ont su faire preuve. Merci également aux directions d'écoles ainsi qu'aux professeurs qui ont bien voulu nous consacrer un peu de leur précieux temps.

Enfin, merci à toute la population de cette localité de Lanaudière pour sa contribution à ce projet.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	iii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	x
RÉSUMÉ	xii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE II	4
MISE EN CONTEXTE	
2.1 La gestion des eaux potables au Québec entre 1996 et 2005	4
2.1.1 Rôle du Ministère responsable de l'environnement au Québec (MENVIQ/MDDEP).....	4
2.1.2 Rôle du Ministère des affaires municipales et des régions du Québec (MAMR)	7
2.1.3 Rôle du Ministère de la Santé et Services Sociaux du Québec (MSSSQ) ..	8
2.1.4 Rôle du Ministère des Ressources naturelles et de la faune (MRNF).....	10
2.1.5 Rôle du gouvernement fédéral	10
2.1.6 Implication de groupes d'intervention de composition mixte impliqués dans la gestion de problématiques reliées à l'eau	11
2.2 Problématique reliée à la présence du Mn dans l'eau de consommation.....	13
2.2.1 Problématique générale.....	13
2.2.2 Problématique spécifique concernant une municipalité de Lanaudière....	21
2.3 Revue de la littérature portant sur les sources et les effets d'un excès de (Mn) ..	29
2.3.1 L'apport quotidien en Mn	32
2.3.2 L'alimentation	33
2.3.3 L'air.....	36
2.3.4 Le sol.....	38
2.3.5 L'exposition au Mn dans l'eau.....	38

2.4 Les troubles de comportements et le déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH)	42
CHAPITRE III	
CADRE, HYPOTHÈSES ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.....	45
3.1 Le cadre de l'étude	45
3.1.1 Les questions de recherche.....	45
3.1.2 Les hypothèses de recherche	45
3.1.3 Objectifs et démarche générale	46
3.1.4 Variables utilisées dans l'analyse statistique	47
3.2 Les méthodes de collecte de données.....	48
3.2.1 Choix de la municipalité visée par l'étude.....	48
3.2.2 Le groupe ciblé pour l'étude	49
3.2.3 Évaluation des effets	51
3.2.4 La sollicitation.....	52
3.2.5 Entrevues et rencontres ouvertes.....	53
3.2.6 Entrevues dirigées	56
3.2.7 Échantillonnage et analyse de l'eau	56
3.2.8 Échantillonnage et analyse des cheveux	57
3.2.9 Analyse des troubles comportementaux.....	59
3.2.10 Tests statistiques	60
CHAPITRE IV	
RÉSULTATS	62
4.1 Caractéristiques sociodémographiques et socioéconomiques des répondants.....	62
4.1.1 Description du nombre de répondants	62
4.1.2 Aspects sociodémographiques et socioéconomiques.....	63
4.2 Résultats concernant les puits et la consommation d'eau	64
4.3 Niveau de Mn dans les cheveux (MnC).....	67
4.4 Résultats concernant la diète.....	69
4.5 Niveau de Mn et résultats aux tests comportementaux (CTRS-R)	71

CHAPITRE V

DISCUSSION	80
5.1 En ce qui a trait à l'aspect social	80
5.2 Le Mn dans l'eau et les troubles de comportements	86
5.3 Mise en place du traitement au sable-vert	87
5.4 Analyses et prélèvements de cheveux	88
5.5 À propos de la diète	89
5.6 Autres sources probables d'exposition au Mn (MMT)	91
5.7 Limites de l'étude	93
CONCLUSION	94
BIBLIOGRAPHIE	101
ANNEXES	112
Annexe 1 : Avis de conformité du Comité facultaire et autres formulaires de consentement :	112
Annexe 2 : Rapport de la Commission scolaire des Samares (extrait)	124
Annexe 3 : Tests Connors Parent et enseignant	125
Annexe 4 : Questionnaires d'enquête	127
Annexe 5 : Analyses du CTQ concernant la présence du Mn (cheveux, eau des écoles et des résidences)	132
APPENDICE A	
COPIE DE LA MISE EN DEMEURE CONCERNANT LES AVIS D'ÉBULLITION	140
APPENDICE B	
EXTRAIT D'UN RAPPORT MUNICIPAL CONCERNANT LA PRÉSENCE DU Fe ET DU Mn DANS LE RÉSEAU D'AQUEDUC DE LA MUNICIPALITÉ	147
APPENDICE C	
EXTRAIT DE LA PRÉSENTATION DE RÉSEAU ENVIRONNEMENT : «Le point sur les dispositifs individuels de traitement de l'eau au Québec»	155

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Profil hydrogéologique du secteur étudié	p.23
Figure 2 : Profil de distribution géographique des puits	p.24
Figure 3 : Profil de concentration en Mn dans l'eau potable selon les puits	p.26
Figure 4 : Distribution du MnC au niveau de la population selon l'âge	p.68
Figure 5 : Profil de MnC (%) selon les puits	p.68
Figure 6 : Résultats Connors pour l'échelle oppositionnelle	p.74
Figure 7 : Résultats Connors pour l'échelle hyperactive	p.75
Figure 8 : Résultats Connors pour l'échelle cognitive	p.76
Figure 9 : Résultats de l'index Connors	p.77

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Niveau de Mn provenant du réseau municipal / réservoir Manouane	p.27
Tableau 2 : Tableau comparatif d'un apport quotidien en Mn	p.33
Tableau 3 : Valeur relative de l'apport en Mn selon les types d'aliments	p.34
Tableau 4 : L'apport quotidien en Mn selon des groupes d'âges	p.35
Tableau 5 : Principales variables étudiées	p.48
Tableau 6 : Réponses des parents d'écoliers	p.63
Tableau 7 : Temps de résidence (%) et scolarité (%) en nombre d'année	p.64
Tableau 8 : Analyse du niveau de Mn de l'eau de résidences privées	p.65
Tableau 9 : Questions adressées directement aux parents et à l'enfant	p.66
Tableau 10 : Profil de consommation d'aliments (%)	p.69
Tableau 11 : Troubles de comportement	p.71
Tableau 12 : Analyse de régression	p.72
Tableau 13: Tests-T selon un gradient de concentration en MnC	p.73

LISTE DES ABRÉVIATIONS

APA : American Psychiatric Association

ATSDR : Agency for Toxic Substances and Disease Registry

BAPE : Bureau d'audiences publiques sur l'environnement

CINBIOSE : Centre de recherche interdisciplinaire sur la biologie, la santé et l'environnement

CLSC : Centre locaux de services communautaires

COMERN : Réseau collaboratif de recherche sur les impacts des dépôts atmosphériques de mercure à grande échelle au Canada

CTQ : Centre de toxicologie du Québec

CWR/RCE : Réseau canadien de l'eau

DSP : Direction de la Santé publique

FDA : Food and Drug Administration

ICDRH : Indice canadien de la durabilité hydrique

INSPQ : Institut national de la santé publique du Québec

INRS – EAU : Institut national de la recherche scientifique- eau

ISQ : Institut de la statistique du Québec

IOM : Institute of medicine of the national academies

MENVIQ : Ministère de l'Environnement du Québec

MDDEP : Ministère du Développement durable, Environnement et Parcs

MAMR : Ministère des Affaires Municipales et des régions

MRNF : Ministère des ressources naturelles et de la faune

MSSSQ : Ministère de la santé et des services sociaux du Québec

NSFI : National Sanitation Foundation International

OMS : Organisation mondiale de la santé

OSBL : Organisme sans but lucratif

PADEM : Programme d'assainissement des eaux municipales

PAEQ : Programme de l'assainissement des eaux du Québec

PIC : Programme Infrastructure Canada

SCHL : Société Canadienne d'Hypothèques et de logement

SQAE : Société québécoise de l'assainissement des eaux du Québec

TDAH : Trouble déficitaire de l'attention avec/sans hyperactivité

US EPA : United States Environmental Agency/Agence de la Protection de l'Environnement nord-américaine

RÉSUMÉ

Le seul critère de qualité de l'eau potable relié au Mn est d'ordre esthétique et correspond à une concentration $\leq 50 \mu\text{g/l}$. Au Québec, le manganèse (Mn) est souvent présent naturellement dans un certain nombre de municipalités qui s'approvisionnent en eau à partir des aquifères. Dans une perspective de santé environnementale, nous avons (i) examiné la législation, ainsi que les acteurs sociaux impliqués dans la question de l'eau potable et (ii) étudié les impacts potentiels du Mn dans l'eau de consommation d'une municipalité qui s'approvisionne à partir d'une nappe phréatique présentant une concentration moyenne de $500 \mu\text{g/l}$ pendant plus de dix ans pouvant être associée à des troubles de comportement chez les enfants. Après approbations du comité de déontologie de l'Université du Québec à Montréal, nous avons recruté 46 participants (22 filles et 24 garçons) de 6 à 15 ans (âge médian de 11 ans) à partir d'envois postaux effectués auprès de leurs parents. Nous avons choisi comme indicateur de la présence du Mn dans l'organisme la concentration de Mn au niveau des cheveux (MnC). Un questionnaire a été utilisé, auprès des parents, de façon à évaluer la contribution de la diète alimentaire pouvant être reliée à la présence du Mn dans l'organisme de leurs enfants. Les parents consentants ont complété le questionnaire d'évaluation du comportement «Conners' Rating Scale» (CPRS-R) une version du questionnaire (CTRS-R) fut également complétée par les enseignants des enfants ciblés. À l'aide de scores T standardisés sur une large population, nous avons vérifié la correspondance entre différentes sous-échelles concernant les aspects oppositionnels, l'hyperactivité, les troubles cognitifs/inattentions, ainsi que l'index de synthèse TDAH. Les résultats des tests-T auprès des enseignants sont significativement associés au niveau du MnC pour les sous-échelles de troubles oppositionnels ($p = 0,020$) et à l'hyperactivité ($p = 0,002$). Tous les enfants qui avaient un score au test T ≥ 65 présentaient une concentration de MnC $\geq 3,0 \mu\text{g/g}$. Ces résultats ont été ajustés en fonction de l'âge, du sexe et du revenu des parents. Concernant le Mn pouvant provenir de la diète, nos résultats ne permettent pas de dégager une tendance significative. Ce projet pilote indique une contribution possible du Mn provenant de l'eau potable aux troubles de comportement des enfants. En outre, au plan socio-économique, nos résultats montrent que la présence de ce type de contamination lié au Mn dans l'eau modifie les habitudes quotidiennes des résidents exposés, tout en entraînant des coûts socio-économiques et sanitaires substantiels tant pour les individus que pour la communauté. Ces résultats montrent que le MnC peut être un indicateur valable et que d'autres études devraient être menées concernant la présence du Mn dans l'eau destinée à la consommation.

Mots-clés : Manganèse, eau souterraine, eau potable, contamination naturelle, enfants, trouble de déficit d'attention /hyperactivité (TDAH), santé et environnement.

INTRODUCTION

Les eaux souterraines constituent une source d'approvisionnement importante pour nombre de municipalités et de résidences isolées qui n'ont pas accès à des eaux de surface. Au Canada, 26% de la population en est dépendante et quelque 5 millions de personnes habitent zone rurale (Ressources naturelles Canada, 2005). Au Québec, c'est le cas en particulier à l'extérieur des grands centres urbains tels Montréal, Laval et Québec et c'est également le cas de quelques municipalités qui bordent le fleuve St-Laurent. Bien que 20 % de la population s'approvisionne en eaux souterraines au Québec (MENVIQ, 2002), on estime qu'environ 90 % de la population rurale utilise des eaux souterraines pour répondre à ses besoins en eau potable. Parmi la population rurale, 54 % utilise des eaux souterraines pour usage domestique, dont la moitié à partir d'un réseau municipal et l'autre moitié à partir de puits privés (Rousseau, 2004). Le milieu agricole est sensiblement dépendant des eaux souterraines au Québec aussi l'aquaculture en utilise 23%, l'agriculture 16% et les industries 7%. (BAPE, 2002). Selon Environnement Canada et selon le ministère de l'Environnement du Québec notre connaissance des eaux de surface est supérieure à celle de nos eaux souterraines (Environnement Canada, 2004; MENVIQ, 2002).

Le manganèse (Mn) est un élément relativement abondant à l'état naturel, la croûte terrestre en contient environ 0,1% et, normalement, celui-ci se retrouve à une concentration de 10-20 µg/l au niveau des aquifères (Banton et Bangoy, 1997; US EPA, 2004) et rarement au-dessus de 200 µg/l dans les eaux douces (OMS, 2004).

Or, il semble que le confinement des eaux souterraines, faiblement oxygénées, favorise une dissolution de minéraux et notamment du Mn (Banton, 1995; US EPA, 2004).

La nature des eaux souterraines varie également selon l'importance de leurs confinements, soit leurs temps de recharge surtout s'il s'agit d'une nappe ou d'une eau courante sous la surface par exemple. (Banton, 1995)

Par conséquent, des populations s'approvisionnant en eaux potables à même leurs eaux souterraines peuvent être exposées à des concentrations très élevées de Mn sur une base récurrente.

En matière de santé publique, bien que la recommandation établie par l'OMS en 2006 soit de 400 µg/l et que l'EPA en 2004 le fixe à 300 µg/l, le seul critère généralement défini par le cadre réglementaire en rapport à la présence de Mn dans l'eau potable est d'ordre esthétique et correspond à des concentrations de ≤ 50 µg/l. C'est du moins le seuil de nature esthétique et organoleptique actuellement reconnu tant en Europe et aux États-Unis qu'au Canada et au Québec. Or, un tel seuil ne prend pas en considération les effets potentiellement toxiques d'une concentration de Mn plus importante dans l'eau potable.

L'objet de ce mémoire était de mener une étude pilote, dans une municipalité pour évaluer l'exposition au Mn présent dans l'eau potable d'origine souterraine et ses effets sur la santé des enfants. A cet effet, nous avons examiné, chez des enfants, les relations entre le Mn dans l'eau et dans les cheveux, ainsi que la relation entre ce bioindicateur d'exposition et le comportement des enfants. Dans le cadre d'une approche écosystémique, nous examinons également comment la problématique d'un excès de Mn dans l'eau potable a été traitée par des autorités locales et gouvernementales, et nous avons examiné les aspects socio-économiques de la question.

Dans ce mémoire, nous présentons en premier lieu le contexte des politiques publiques concernant l'eau potable en ciblant plus particulièrement le Mn. Ceci est suivi par une présentation de la problématique, et d'une revue de la littérature sur les effets subcliniques associés au Mn présent dans l'eau potable. Après avoir défini nos principaux objectifs de recherche, nous exposerons les hypothèses et les questions qui s'y rapportent ainsi que le cadre méthodologique. Finalement, nous exposerons nos résultats ainsi que les conclusions de nos travaux.

CHAPITRE II

MISE EN CONTEXTE

Dans cette section, nous présenterons les rôles et les responsabilités des différents acteurs appelés à intervenir dans la gestion des eaux destinées à la consommation, plus particulièrement au Québec. La nature et le statut juridique de l'eau feront également l'objet d'une mise en contexte.

Par la suite, nous aborderons la problématique reliée à la présence du Mn dans l'eau de consommation et nous décrirons plus spécifiquement la situation d'une municipalité du Québec qui présente une concentration élevée de Mn dépassant le niveau actuellement recommandé de $\leq 50 \mu\text{g/l}$ dans son réseau d'aqueduc.

Enfin, suite à une revue de littérature, nous décrirons les sources et les effets d'une exposition au Mn et, notamment, les troubles de comportement chez les enfants pouvant lui être associés.

2.1 La gestion des eaux potables au Québec entre 1996 et 2005

2.1.1 Rôle du Ministère responsable de l'environnement au Québec (MENVIQ/MDDEP)

Au Québec, c'est en vertu de la *Loi 22 sur la qualité de l'environnement* (L.R.Q., c. Q-2, a. 31, par. e, h.1 et h.2, a. 45, a. 45.2, par. a, a. 46, par. a, b, d, m, o, o.1 et o.2, a.87, par. a et b, a. 109.1 et a. 124.1) et plus précisément par le biais du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (c.Q-2, r.18) que s'opèrent la surveillance, le contrôle et l'établissement de normes et obligations vis-à-vis des exploitants d'usines de traitement de l'eau.

C'est le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), auparavant appelé ministère de l'Environnement du Québec (MENVIQ), qui établit et voit à l'application de ce règlement. Toutefois, c'est le ministère des Affaires municipales et des Régions (MAMR) qui est responsable de la gestion des infrastructures municipales des réseaux principalement en termes d'ingénierie et surtout de financement.

Selon le MENVIQ, l'impact de l'«affaire Walkerton », petite localité de l'Ontario où, en 2000, une grave contamination de l'eau potable avait occasionné de nombreux problèmes de santé et plusieurs décès, constitua un puissant incitatif pour resserrer les contrôles au Québec et pour former et embaucher des techniciens. Ceci afin d'assurer un contrôle de la qualité des réseaux d'eaux destinées à la consommation et également des réseaux d'eaux usées.

Ainsi, en l'an 2000, le MENVIQ, à partir d'analyses bactériologiques effectuées dans 2 400 réseaux d'aqueducs municipaux, a émis 90 avis aux municipalités qui dépassaient les normes bactériologiques de façon inquiétante afin que ces dernières assurent la salubrité de leurs systèmes de traitement et de distribution d'eau potable. Soulignons que sur les 2 400 réseaux analysés, 435 dépassaient alors les normes (MENVQ, 2000).

Depuis l'«affaire Walkerton», le MDDEP consacre surtout ses efforts à contrôler et à réduire les contaminants d'origines bactérienne et chimique dont l'arsenic et les nitrates en particulier, mais pas le Mn (*voir* Plan national de l'eau, MDDEP, 2000).

L'application de la législation actuelle s'appuie principalement sur les analyses d'eaux exigées des municipalités et sur l'intervention de l'État lors de situations problématiques ou potentiellement problématiques, en vertu du *Règlement sur la qualité de l'eau potable* (RQEP : Q-2, r.18.1.1). Ce règlement actuellement en voie de révision, risque de rendre plus coûteuse et plus complexe encore sa mise en application, en raison de sa lourdeur administrative. Par exemple, les municipalités devront embaucher plus de personnel afin de pouvoir respecter les quelque 80 paramètres du contrôle de la qualité de l'eau.

Auparavant, un inspecteur en bâtiments, après une formation sommaire, pouvait être mandaté pour effectuer le contrôle de la qualité des eaux usées ou celles destinées à la consommation. Depuis 2005, les municipalités sont tenues d'embaucher du personnel dûment formé auprès d'établissements reconnus. Un seul établissement au Québec, le CEGEP St-Laurent, donne actuellement cette formation complète. Cependant, à cause de l'augmentation de la demande, le MDDEP, conjointement avec le Comité sectoriel de main-d'œuvre (CSMO) et Emploi-Québec, a mis sur pied un programme court de 600 heures de formation, au lieu des 1 000 heures requises au niveau du CEGEP (Emploi-Québec, 2007).

Le fait de retrouver un personnel plus nombreux et mieux formé au sein d'organismes de contrôle et de surveillance pourrait amener, indirectement, une meilleure supervision et un meilleur encadrement, suite aux effets potentiellement occasionnés par le Mn présent dans l'eau destinée à la consommation.

2.1.2 Rôle du Ministère des affaires municipales et des régions du Québec (MAMR)

Suite à de nouveaux partages de responsabilités, effectués il y a plus d'une décennie, la gestion des eaux propres et usées est passée du Ministère de l'Environnement d'alors au Ministère des Affaires municipales qui est désormais le principal responsable de la gestion des eaux potables et usées, tant au plan technique que financier.

Depuis 2002, l'adoption du nouveau *Règlement sur la qualité de l'eau potable (juin 2002 Q-2, r.18.1.1)*, réclamé par tous les intervenants dans le domaine depuis le début des années 1990, a permis de rehausser les exigences de qualité de l'eau afin de respecter les nouveaux paramètres établis. On a vu alors de nombreuses petites municipalités s'alimentant en eau de surface traitée par simple désinfection, initier des projets visant soit à s'alimenter en eau souterraine soit à améliorer significativement leur traitement. Les différents programmes d'infrastructures ont contribué à la réalisation de nombre de ces projets.

Conscient qu'une mauvaise exploitation pourrait limiter la performance de ces nouveaux ouvrages, le MAMR a choisi de favoriser le transfert des connaissances du concepteur vers l'exploitant par le support d'un manuel d'exploitation qui permet de regrouper et de conserver l'ensemble des informations que le nouvel exploitant sera appelé à consulter. Le MAMR a incité les municipalités à se doter de cet outil de travail dont les frais de préparation sont rendus admissibles aux subventions accordées.

Lorsque des problèmes reliés à des concentrations élevées de minéraux, dépassant les critères établis de qualité des eaux potables, se manifestent dans les réseaux municipaux, les administrations lancent des appels d'offres auprès de firmes d'ingénierie afin d'évaluer la situation ainsi que les moyens de redressements requis.

Une telle évaluation relève généralement du secteur privé, mais demeure supervisée par l'État et par la municipalité.

Les programmes PADEM (Programme d'assainissement des eaux municipales), qui a remplacé PAEQ (Programme de l'assainissement des eaux du Québec), avec la supervision de la SQAQ (Société québécoise de l'assainissement des eaux du Québec) ont été parmi les premiers à voir au financement de projets municipaux concernant les eaux usées et les eaux potables.

Toutefois, pour la période qui nous concerne, notre étude ayant débuté en 2004, c'est le programme «Les eaux vives du Québec» qui a permis le financement conjoint, municipal et provincial, à partage égal des infrastructures urbaines. À celui-ci s'est ajouté, au cours de la même période, un Fond de 175 millions de dollars provenant d'un OSBL (Infrastructure Québec).

Tous ces programmes permettent de financer les expertises nécessaires afin de corriger les situations problématiques pour assurer la salubrité et l'intégrité des réseaux d'adduction municipaux.

2.1.3 Rôle du Ministère de la Santé et Services Sociaux du Québec (MSSSQ)

Les différents organismes liés au Ministère de la Santé et Services sociaux du Québec (MSSSQ) sont encadrés par deux lois : La *Loi sur les services de santé et les services sociaux* incluant le mandat des Directions de la santé publique (DSP) et la *Loi sur la protection de la santé publique*.

Relevant du MSSSQ, chaque directeur régional de la santé publique est responsable localement :

- D'informer la population de l'état de santé général des individus qui la composent, des problèmes de santé prioritaires, des groupes les plus vulnérables, des principaux facteurs de risques et des interventions qu'il juge les plus efficaces, d'en suivre l'évolution et le cas échéant, de conduire des études ou recherches nécessaires à cette fin;
- D'identifier les situations susceptibles de mettre en danger la santé de la population et de voir à la mise en place des mesures nécessaires à sa protection;
- D'assurer une expertise en prévention et en promotion de la santé et de conseiller la Régie régionale sur les services préventifs utiles à la réduction de la mortalité et de la morbidité évitable;
- D'identifier les situations où une action intersectorielle s'impose pour prévenir les maladies, les traumatismes ou les problèmes sociaux ayant un impact sur la santé de la population et, lorsqu'il le juge approprié, de prendre les mesures qu'il juge nécessaire pour favoriser cette action en lien avec la santé environnementale.

(INSPQ, 1998)

Les Directions de la Santé publique (DSP) jouent un rôle d'interface entre le MSSSQ et les nombreux services offerts à la population via notamment, le milieu hospitalier, les CLSC et les cliniques privées.

Dans la problématique qui nous concerne, les résultats que nous allons documenter devraient interpeller la santé publique en termes d'évaluation des besoins si cela s'avère nécessaire comme en termes d'encadrement et de soutien auprès du personnel enseignant voire des parents si un suivi approprié exigerait plus de ressources en psychologie, orthophonie par exemple.

Également, les informations recueillies lors de notre étude pourraient aider les divers organismes de santé publique à examiner davantage les effets ainsi que les conséquences se rapportant à la présence du Mn dans l'eau destinée à être consommée.

2.1.4 Rôle du Ministère des Ressources naturelles et de la faune (MRNF)

Dans le dossier du Mn il importe également de tenir compte du Ministère des Ressources naturelles et de la faune (MRNF) contribuant notamment, lors de l'élaboration du Schéma d'aménagement de la Municipalité régionale de comté (MRC), à la description des caractéristiques hydrogéologiques du milieu. Le MRNF peut documenter et mieux aider à comprendre la dynamique des eaux souterraines. Dans ce mémoire on a pu ainsi, se référer au «Schéma d'aménagement de la MRC de la Haute-Matawinie, 1997» de notre localité étudiée.

2.1.5 Rôle du gouvernement fédéral

Le dossier de la présence du Mn dans l'alimentation en eau potable à partir d'eaux souterraines interpelle aussi plusieurs intervenants fédéraux: le Comité fédéral-provincial-territorial chargé de l'établissement ou de la modification de certaines normes ou critères de Santé Canada (Santé Canada, 2006), Environnement Canada chargé d'établir les standards canadiens ou encore de faire des expertises, Ressources naturelles Canada et la Commission géologique du Canada chargés des questions de géologie et d'hydrogéologie.

À titre d'exemple, l'on peut se référer au document se rapportant à la caractérisation du sous-sol des eaux souterraines par le projet Cartographie des eaux souterraines du ministère des Ressources naturelles du Canada publié en 2007.

Lors de problèmes municipaux de gestion de l'eau ou notamment de présence de contaminants, le gouvernement fédéral peut être appelé à contribuer au financement de projets par le biais du Programme Infrastructures Canada (PIC) finançant les projets à hauteur de 50%, alors que le provincial verse 25% et le secteur municipal 25% (Programme Infrastructures Canada(PIC), 2007).

Les ententes fédérales provinciales prévoient également que les municipalités peuvent, sous certaines conditions, utiliser un retour d'argent à même les taxes d'accise pour financer, en partie, de tels travaux.

2.1.6 Implication de groupes d'intervention de composition mixte impliqués dans la gestion de problématiques liées à l'eau

Le maillage entre les chercheurs universitaires, ceux du gouvernement et ceux des groupes privés ont amené la création d'organismes voués à l'encadrement et au développement des connaissances et d'expertises relatives à la gestion des ressources hydriques.

Au niveau international, notamment aux États-Unis, on peut mentionner, à titre d'exemple, un organisme sans but lucratif et indépendant tel le *National Sanitation Foundation International* (NSFI) qui est d'ailleurs une référence officiellement citée par le MDDEP et sur laquelle se base principalement ce dernier pour formuler ses principales recommandations.

Au Canada, c'est le cas notamment du Réseau Canadien de l'Eau (CWR/RCE: <http://www.cwwa.org>) constitué de représentants d'industries, d'organismes gouvernementaux et de membres de la communauté universitaire.

Au Québec, la plupart de ces organismes sont regroupés au sein du Réseau-environnement (www.reseau-environnement.com) qui compte actuellement quelques 2 000 membres et organismes. Dans tous les cas, ces regroupements jouent sensiblement le même rôle afin d'assurer le respect des normes environnementales, et sanitaires en vigueur et leurs interventions font l'objet d'un encadrement de la part des instances gouvernementales afin d'assurer le respect de celles-ci.

Certains organismes issus principalement du secteur privé, tels des firmes d'ingénieurs et de technologues spécialisés dans la gestion de l'eau, peuvent intervenir soit à la demande de municipalités, soit à la demande de propriétaires de puits alimentant des résidences isolées, afin d'évaluer la qualité de l'eau potable et de proposer des solutions. Ces entreprises privées doivent soumettre des évaluations de coûts souvent impliquées dans la mise en œuvre des solutions proposées.

2.1.7 Nature et statut juridique des eaux souterraines

La caractérisation des eaux souterraines est fort complexe et varie, entre autres, selon la nature des sols, des roches mères, des contaminants éventuels et des temps de renouvellement des eaux qui peuvent varier considérablement.

La dynamique des eaux souterraines est encore peu connue et ces eaux ne connaissent guère de frontières tant à l'échelle locale ou régionale qu'internationale, ce qui peut être d'ailleurs l'objet de conflits de juridictions (Banton, 1995).

Les eaux de surfaces, puisqu'elles sont plus exposées à l'air et par conséquent aux contaminants d'origines bactériennes, ont toujours suscité un intérêt plus marqué de la part des gouvernants pour des questions de salubrité et de santé publique. Ajoutons qu'au Québec, il y a encore un certain flou juridique concernant le statut légal des eaux souterraines ou du moins plusieurs interprétations prévalent encore. Les enjeux de la priorisation des usages de l'eau ne sont pas non plus encore bien définis au plan juridique.

Cette situation prévaut malgré les recommandations du rapport de la Commission sur la gestion de l'eau du Québec (BAPE, 2000), qui ont suivi le Symposium sur la gestion de l'eau (MENVIQ, 1999) et malgré des efforts significatifs consentis au cours des dernières années dans les basses Laurentides et en Montérégie.

2.2 Problématique liée à la présence du Mn dans l'eau de consommation

2.2.1 Problématique générale

Le manganèse (Mn) est un élément relativement abondant à l'état naturel. La croûte terrestre en contient environ 0,1% alors que le fer (Fe), un élément de transition qui lui est associé, est le quatrième élément en importance dans la croûte terrestre. La forme la plus importante du Mn que l'on retrouve à l'état naturel est la pyrolusite aussi appelée dioxyde de Mn ou MnO_2 (ATSDR, 2000; OMS, 2001; Levy et Nasseta, 2003; OMS, 2004; US EPA-822-R-04-003, 2004).

Bien que les eaux souterraines soient confinées, ce qui les rend plus faiblement exposées aux risques de contaminations bactériennes et virales, on connaît peu les incidences des minéraux en termes qualitatifs et quantitatifs, qui sont davantage présents dans ces eaux, vu leur faible oxygénation (Banton et Bangoy, 1997; Lessard, 1999).

Normalement, le Fe se retrouve à une concentration de 0,3- 0,4 mg/l et le Mn de 0,01- 0,02 mg/l au niveau des aquifères (Banton, 1997; US EPA, 2004). Compte tenu de l'importance des interrelations entre le Fe et le Mn, que nous décrirons plus loin, la présente étude prend en compte la présence de ces deux éléments.

Actuellement, au Québec, le seul critère défini par cadre réglementaire en vertu de la *Loi sur la qualité de l'eau* se rapportant à la présence de Mn dans l'eau potable, est d'ordre esthétique et correspond à des concentrations de $\leq 50 \mu\text{g/l}$ (MENVIQ, 2005). Ce critère esthétique est actuellement celui qui prévaut tant en Europe et aux États-Unis qu'au Canada. La US EPA estime problématique une concentration de Mn présent dans l'eau à partir 300 $\mu\text{g/l}$ tout en préconisant une eau destinée à la consommation qui soit en deçà de 200 $\mu\text{g/l}$ de Mn (US EPA, 2002; US EPA, 2005), niveau jugé sécuritaire pour la santé publique (Hudnell, 1999).

Il est à noter qu'il n'y a pas de consensus en termes de recommandations tant du côté de l'EPA que de l'OMS concernant le niveau à partir duquel il y a risque pour la santé (US EPA, 2005; OMS, 2006).

Aux États-Unis, US EPA considère élevé le nombre de puits où la présence du Mn fut détectée, soit dans 70% de sites d'analyses des eaux souterraines sur l'ensemble de son territoire desquels 6% de celles-ci présentaient des niveaux supérieurs à 300 $\mu\text{g/l}$ (US EPA, 2004, Report 822-R04-003, p.4; Wasserman *et al.*, 2006). Ces résultats, du National Inorganic and Radionuclide Survey (NIRS), furent obtenus entre les années 1984 et 1986 par des analyses effectuées dans des usines publiques de traitement d'eau auprès de 986 communautés américaines qui s'approvisionnent en eau souterraine.

Les données ont été fournies par la US community public water systems (PWSs) et d'autres analyses, qui ont suivi la publication du NIRS auprès de cinq états américains, présentaient des résultats comparables (US EPA, 2004, Report 822-R04-003, p.4).

L'hydrogéologie du Québec

Selon les données du Ministère de l'Environnement du Québec et du BAPE (BAPE, 2000; MENVIQ, 2002), près de 20% de la population québécoise s'approvisionne en eau potable principalement à partir d'eaux souterraines plutôt que d'eaux provenant de lacs et de rivières (35%) ou du fleuve Saint-Laurent (45%).

Le document «Répartition de la population selon la source de traitement de l'eau potable» publié par le MAM en 1999, est un premier pas vers une caractérisation des eaux souterraines. Par ailleurs, des informations fournies au MAMR par les municipalités concernées sont publiées sur le site Internet du ministère ainsi qu'au Répertoire 2005-2006 du Réseau-environnement.

Il faut noter ici que les municipalités situées dans la vallée du St-Laurent seraient moins susceptibles d'être ainsi exposées à la présence du Mn dans l'eau potable, notamment à cause de la caractérisation de la roche-mère de type sédimentaire (Bowen, 1986). Par ailleurs, il appert que la plupart des municipalités québécoises se situent principalement en dehors de la vallée du St-Laurent (Ressources naturelles Canada, 2005). À partir de l'ensemble de ces informations, ce serait donc potentiellement de 70 à 80% des municipalités du Québec qui seraient tributaires d'eaux souterraines dont un certain nombre pouvant présenter des concentrations de Mn pouvant dépasser 50 µg/l selon la nature de leurs roches-mères ou du types d'aquifères de celles-ci.

Bien qu'il soit difficile de connaître le nombre de municipalités affectées par un problème de Mn dans l'eau de consommation au Québec, les informations disponibles nous révèlent que plusieurs d'entre elles ont des niveaux pouvant dépasser les 50 µg/l. Selon le Répertoire 2005-2006 du Réseau environnement, de l'ensemble des quelque 1 116 municipalités du Québec (MAMR. 2007), environ 45 municipalités traitent leurs eaux afin de contrôler la présence du Mn. À titre d'exemple, soulignons les cas de quelques municipalités, rapportant des niveaux supérieurs à 50 µg/l de Mn dans l'eau destinée à la consommation, comme : Saint-Agapit (région de Québec), Amos et Ville-Marie (Abitibi), Saint-Lambert et Lac Etchemin (Beauce), le secteur du Lac Brome (Estrie), Granby (Montérégie) de même que Saint-Ambroise, Saint-Félix-de-Valois, Saint-Alphonse-de-Rodriguez, Sainte-Émélie-de-l'Énergie, la réserve amérindienne Manouane et St-Michel-des-Saints, dans Lanaudière. On peut donc constater que cette situation se présente, géographiquement, un peu partout au Québec et en particulier, toujours selon le Répertoire 2005-2007, en dehors de la vallée du St-Laurent.

De son côté, le MDDEP ne possède encore aucun inventaire précis de la concentration en Mn des eaux souterraines ni des municipalités aux prises avec des niveaux élevés de Mn dans leurs réseaux d'eau potable. Seul un répertoire des puits artésiens, creusés depuis 1967, est disponible sur le site du ministère de l'Environnement à partir du logiciel du Système d'Information Hydrogéologique (SIH). Ceci confirme l'état lacunaire des informations disponibles concernant les eaux souterraines. D'ailleurs, selon ce même ministère, ces données essentiellement de nature hydrogéologique, sont loin d'être exhaustives et ne comportent aucune information relative à la qualité et à la salubrité de ces eaux de puits. Le répertoire ne porte que sur 141,000 puits et forages privés alors que le ministère de l'Environnement estime à environ 900,000 le nombre de puits privés, principalement en milieu rural (<http://www.mdde.gouv.qc.ca> [Consulté en mars 2007]).

Par ailleurs, le MDDEP et le MAMR ont commencé à croiser des banques de données concernant les sources d'approvisionnement en eau potable (MDDEP) et les populations totales (MAMR) afin d'étudier les liens qui peuvent en être déduits.

Concernant la région de Lanaudière, un document du MENVIQ soumis lors d'audiences du BAPE sur *L'eau, ressource à protéger, à partager et à mettre en valeur* (2000), rapporte que «34 % de la population, soit environ 126 000 personnes, sont alimentées par des eaux souterraines, dont 73,8% via des puits individuels» (MENVIQ, 1999).

Dans le cas de la région de Lanaudière, des rapports municipaux nous ont permis de constater que plusieurs municipalités de cette région étaient concernées par des niveaux de Mn élevées. Ces dernières envisageaient déjà des stratégies de solution et en évaluaient les coûts et conséquences pour leurs résidents.

Les impacts socio-économiques et sur la santé d'une exposition au Mn

La présence du Mn dans l'eau destinée à la consommation humaine n'est pas sans conséquence. Plusieurs études suggèrent une association entre le haut niveau de Mn présent dans cette eau, l'organisme et des troubles de comportement et d'apprentissage chez des enfants, incluant le trouble du déficit de l'attention associé ou non à l'hyperactivité (TDAH) (Collipp, Chen et Maitinsky, 1983; Pihl et Parkes, 1977). Toutefois, si certains de ces travaux présentent des limitations en termes de généralisation des résultats, ils semblent néanmoins confirmer la possibilité d'une telle association (Crinella, Cordova et Ericson, 1998; Woolf *et al.*, 2002; Wright *et al.*, 2006)

D'autres publications posent également l'hypothèse selon laquelle l'exposition au Mn dans l'eau potable peut avoir des incidences sur la santé, notamment des effets subcliniques, voire des troubles comportementaux en particulier chez les enfants qui forment un groupe plus exposé (Kawamura *et al.*, 1941; He et Zhang, 1994; Woolf *et al.*, 2002; Wasserman *et al.*, 2006). Pour quelques unes de ces études (Kawamura *et al.*, 1941; He et Zhang, 1994) l'exposition était liée à une contamination au Mn d'origine anthropique causée par des puits à proximité de décharges municipales ou de sites contaminés et pour les autres, il s'agissait de Mn d'origine naturelle.

Une enquête effectuée en 2003 qui était commandée par le MDDEP, auprès de Réseau-environnement et la firme Léger Marketing, avait pour but de procéder à deux sondages concernant l'utilisation des dispositifs individuels de traitement de l'eau au Québec au sein de la population en général. Cette enquête rejoint indirectement la préoccupation sociale par rapport à la qualité de l'eau. Le premier sondage concernait l'utilisation de dispositifs individuels de traitement de l'eau au Québec, voire les dispositifs de traitement d'eau potable (DTEP) intégrés au robinet ou à la tuyauterie. Ce premier sondage a permis de rejoindre 800 répondants, à travers tout le Québec, et les résultats ont montrés que les 2/3 tiers des répondants consommaient l'eau du robinet.

De ce nombre, 10% des résidences québécoises avaient un DTEP bien que la moitié de celles-ci étaient reliées à un réseau municipal. Le second sondage, auprès de 400 répondants répartis également à travers la province, nous apprend que 81% de ceux-ci étaient motivés à acquérir un DTEP pour des raisons d'ordre esthétique, de goût, d'odeurs et des problèmes de lavage et de dureté de l'eau. Ces mêmes résultats nous apprennent que le rythme d'installation de tels dispositifs a doublé durant les cinq années précédant l'enquête. Lors de ce deuxième sondage 26 des 800 répondants de la première enquête, furent visités afin de vérifier directement la qualité de l'eau, l'efficacité de ces dispositifs ainsi que le type d'utilisation proposé par les fabricants.

Cette enquête a pris en compte les dispositifs en amont, au niveau de puits ou des réseaux municipaux, et en aval comme les filtres résidentiels de type «Brita», par exemple (voir appendice 3: «Le point sur les dispositifs individuels de traitement de l'eau au Québec». Demard, H. Réseau environnement. 2006 et le site Internet du MDDEP ainsi que L.G. Francoeur. 2006. «84% des systèmes domestiques ne rendent pas l'eau plus sûre» publié dans le journal. Le Devoir. dans son édition du 24 octobre 2006 en page une).

Les résultats de l'enquête et des sondages mentionnés précédemment illustrent bien que de nombreux citoyens se méfient même de l'eau en provenance des réseaux municipaux. Cela contribue peut-être à expliquer en partie la popularité grandissante des eaux commerciales ainsi que des systèmes de filtration à domicile. Toutefois, il y a un coût associé à ces inquiétudes. Par exemple, l'achat d'eaux embouteillées sur une base régulière constitue une dépense additionnelle, sans compter les coûts associés au transport, à l'entreposage ainsi qu'à la récupération des contenants et chez certains à des coûts liés aux contrats de service des distributeurs.

Aussi, les citoyens qui doivent s'approvisionner essentiellement en eau vendu en bidons et qui sont appelés à manipuler les bidons d'eau, les distributrices d'eau à domicile, et les bouteilles d'eau mises au réfrigérateur, s'exposent à un problème de salubrité. L'entretien des fontaines ainsi que le temps de séjour de l'eau une fois les contenants entamés, constituent également des facteurs de risques de contamination. En effet, le contact avec l'air ou des mains plus ou moins propres, tant du dispositif que du contenant, lors de l'installation d'une bouteille sur les fontaines et de l'eau mis au réfrigérateur, ne sont pas sans risques de contamination.

Dans le cas de petites communautés, disposant souvent de moyens limités, les citoyens doivent, afin de rencontrer leurs besoins, investir individuellement dans l'achat massif d'eau embouteillée en plus de contribuer, via leurs taxes, à des traitements coûteux de filtration.

Ainsi, l'aspect socio-économique peut devenir important en regards de telles pratiques.

En ce qui concerne le Mn, soulignons ici deux situations qui ont fait l'objet de mémoires: celui de Lajeunesse (2004) pour le Lac Brome et celui de Lessard (1999) pour Ville-Marie. Le mémoire de Lajeunesse (2004) a été initié à partir d'un cas de manganisme possiblement attribuable à des niveaux de Mn élevés présent dans l'eau potable chez une personne adulte. L'objectif était d'évaluer les niveaux de Mn dans l'eau de puits dans les environs du domicile de cette personne. Il visait une population adulte s'approvisionnant en eau à partir de puits de résidences isolées dans le secteur du Lac Brome. Bien que les niveaux moyens de Mn se situaient autour de 500 µg/l, l'étude de Lajeunesse (2004) n'a pas démontré de relation significative entre le Mn présent dans les puits et des symptômes rapportés par des résidents. Cependant, ces résultats pouvaient s'expliquer par deux facteurs, l'un étant la variabilité du temps de résidence, la cohorte étant en grande partie composée de villégiateurs, l'autre relevant de la variabilité des niveaux de Mn entre les puits.

Le mémoire de Lessard (1999) documentait essentiellement un problème d'ingénierie de l'eau contaminée au Mn de façon naturelle. Il portait sur une municipalité qui puisait son eau à partir d'une nappe souterraine. L'intérêt ici était l'attention portée sur un problème émergent relié à l'altération d'un système d'aqueduc municipal et qui présentait certains éléments d'information intéressants en termes d'hydrogéologie.

2.2.2 Problématique spécifique concernant une municipalité de Lanaudière

Dans la région de Lanaudière, où 7 000 des 23 000 puits individuels sont enregistrés auprès du Ministère de l'Environnement, 25 % de la population s'approvisionne à partir de puits individuels et 9 % à partir d'un réseau municipal alimenté par des eaux souterraines la balance s'approvisionnant en eaux de surfaces et cette proportion est comparable à ce que l'on observe à l'échelle provinciale, (BAPE, 2000. Rapport #142). Ce portrait général des eaux souterraines nous semble donc lacunaire puisque seulement moins du tiers des puits était répertoriés.

Dans le cadre du présent mémoire, nous avons porté une attention particulière à une municipalité de la région de Lanaudière, qui compte 2 500 habitants dont 1 800 s'approvisionnent à un réseau d'aqueduc qui puise son eau dans une seule et même nappe phréatique à partir de deux puits. Ces derniers desservent seulement la moitié des résidents de cette municipalité. L'autre moitié, pour des raisons d'éloignement, utilise des puits artésiens isolés. Les eaux souterraines constituant la source principale d'approvisionnement dans la municipalité à l'étude, il importe de mieux saisir la configuration de la nappe et des réseaux d'approvisionnement. Nous avons aussi pris en compte la composition de la roche mère et de la granulométrie du sous-sol qui la constitue en nous basant sur les rapports de firmes d'hydrogéologie mandatées par la municipalité pour mettre en place une nouvelle source d'approvisionnement en eau potable.

Les concentrations en Mn et en Fe de cette nappe phréatique, relativement compacte selon les rapports des firmes d'ingénierie en ce qui a trait à l'expertise hydrogéologique, sont documentées, mensuellement, depuis 1996 par la municipalité à la demande du MDDEP (HGE, 1991-92-93-95; Bodineau, 2001) et se référer aux figures 1 et 2, extraites de ces documents, pour le profil géographique et hydrologique de la nappe phréatique).

L'ensemble des rapports hydrogéologiques confirme la présence d'une nappe phréatique de type Esker en présence de silt, relativement compact, dans le sous-sol de cette municipalité (HGE, 1991-95; MRC Matawinie, 1997; Groupes Forces, 1998; Bodineau, 2001; Gaudreault, 2001). Les tests de piézométrie, sismiques et de forage confirment cette caractérisation (HGE Consultants, 1991-92-93-95). Pour la municipalité faisant l'objet de notre étude, ce même rapport souligne également que les résidus ligneux, riches en composés phénoliques, provenant de l'usine de transformation du bois, sont déjà présents dans les eaux de lixiviation et contaminent une nappe souterraine en amont qui pourrait éventuellement être d'utilité publique comme l'eau potable (MENVIQ, 1999; BAPE, 2000, rapport #142, p.371).

Avant le milieu des années 1990, la municipalité s'approvisionnait en eau potable à partir d'un lac situé en amont du village d'où l'eau était acheminée par gravité. Compte tenu de la demande croissante en eau potable de la municipalité, des puits furent donc aménagés afin de répondre aux besoins des nouveaux travailleurs venus résider dans cette municipalité. Depuis 1996, le réseau est constitué par le réservoir Manouane (P1) qui recueille l'ensemble des eaux provenant de trois puits artésiens situés dans la localité, ainsi que d'un autre puits isolé mis en place en 2001, le puits Granger (P2). Ces deux sources fournissent l'eau du réseau qui est traitée avant d'être remise en circulation dans le système d'aqueduc municipal (figure 1).

Depuis 1996 et jusqu'en 2001, le P1 ne réussissait pas toujours à répondre à la demande croissante en eau occasionnant un surpompage, ce qui explique en partie les variations à la hausse de la concentration en minéraux de cette nappe (Gaudreault, 2001). La mise en place du P2 en 2001, au départ un puits d'appoint, a permis de contrôler la situation surtout en période hivernale en augmentant le volume d'eau disponible. (voir figure 3 et tableau 1)

Figure 1

Profil de distribution géographique des puits. *Source* : HGE, 1997

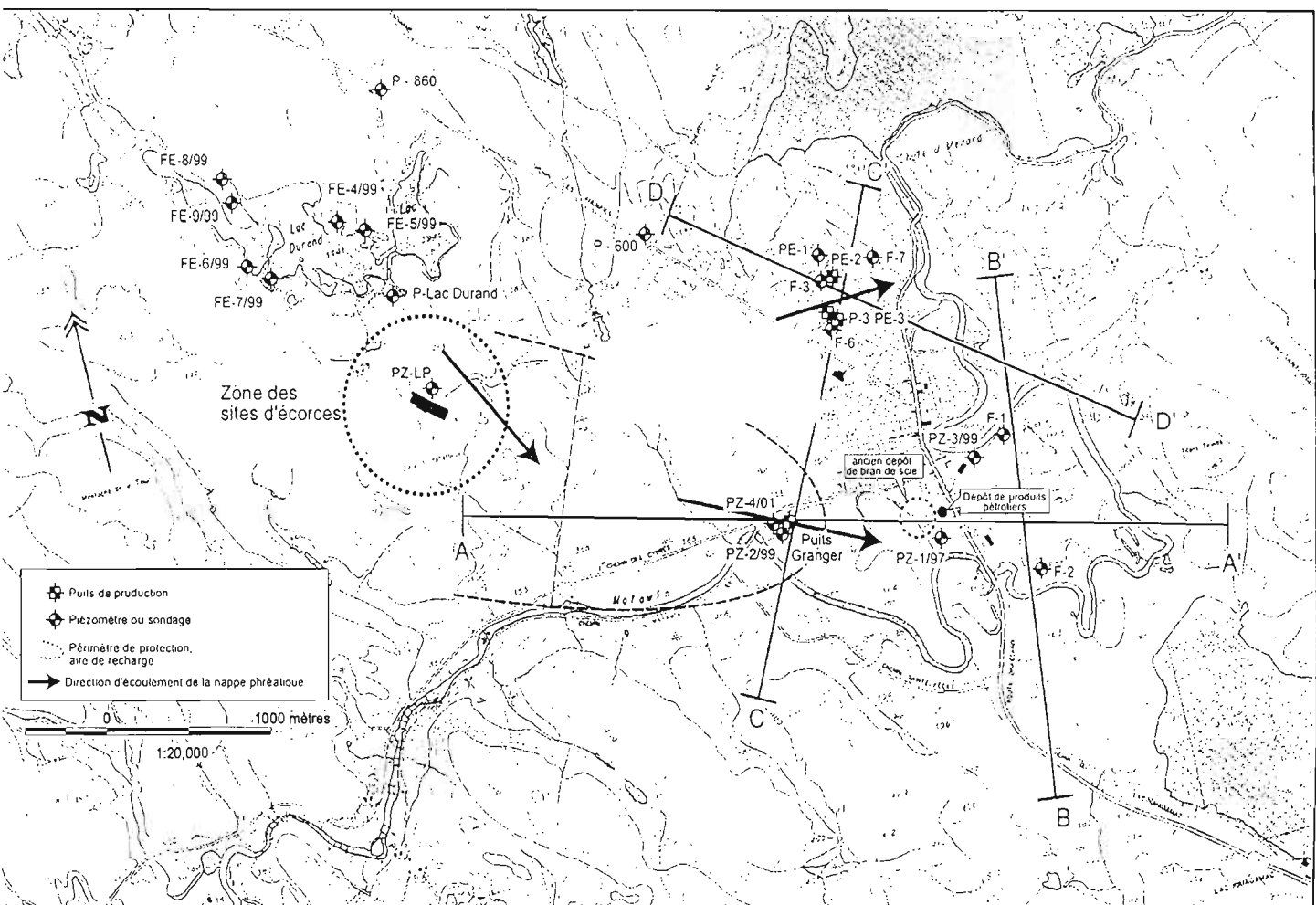
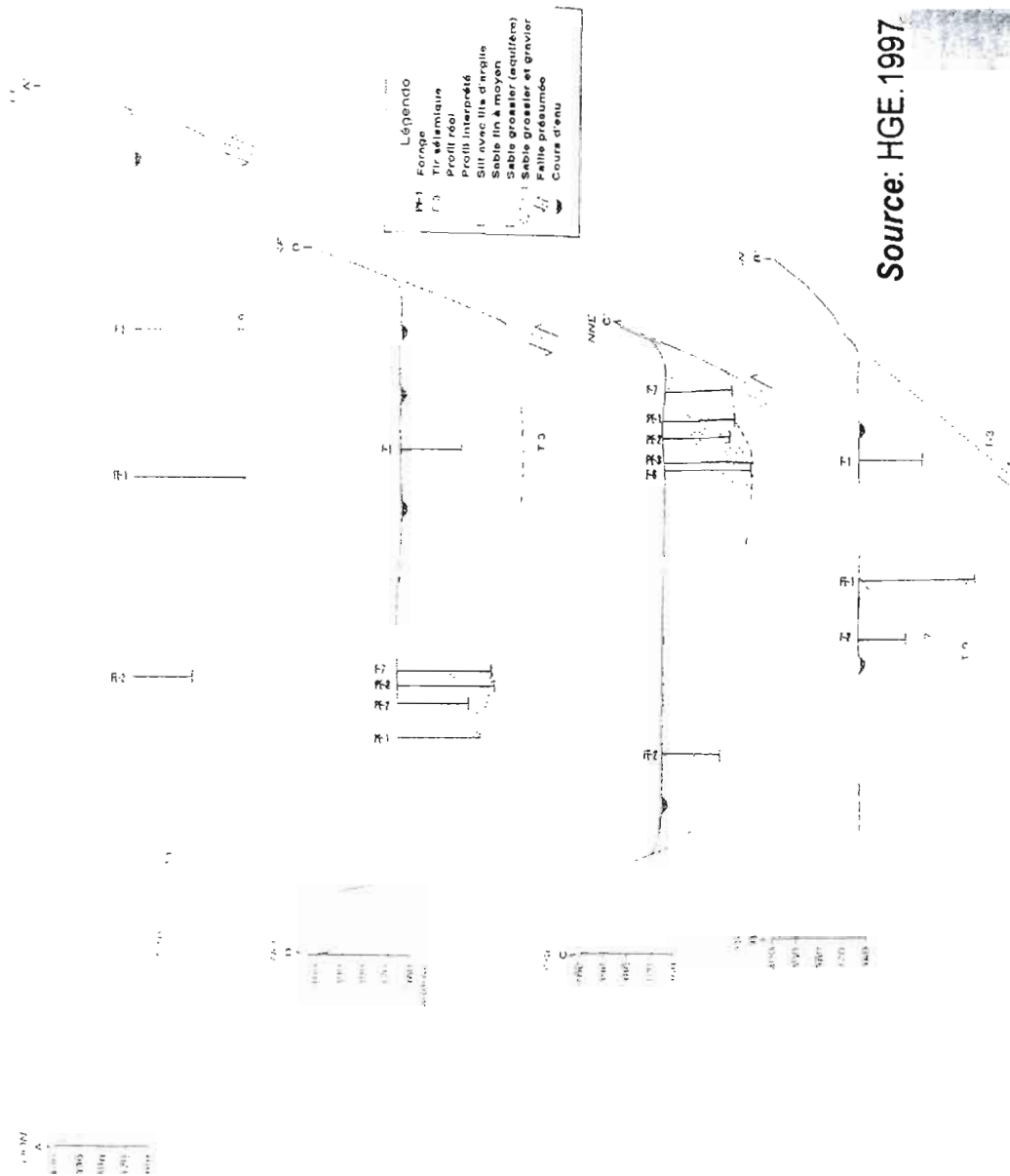


Figure 2

Profil hydrogéologique du secteur étudié en quatre coupes à partir des données piézométriques concernant la nappe phréatique.



Il faut également prendre en compte que lors de la période hivernale, l'important réservoir Taureau qui jouxte la municipalité est en période d'étiage, réduisant ainsi la recharge de la nappe souterraine, recharge à laquelle contribue également la rivière Matawin tributaire de ce dernier (Gaudreault, 2001). Le réservoir Taureau connaît un des plus importants marnages au Québec puisque qu'il est vidé de son contenu en période hivernale afin de recueillir l'eau de fonte des neiges au printemps. Le régime hydrique est laissé à un niveau minimal autour de mars et avril (GDG, 1993). Il est donc probable que le niveau d'approvisionnement en eau à partir de la nappe phréatique soit plus critique lors de la période de marnage et que, vu sa proximité avec la rivière Matawin, le P2 puisse seul répondre alors à la demande d'approvisionnement du réseau municipal.

Concernant le réseau de distribution, jusqu'en 2001, le P1 approvisionnait environ les deux tiers de la population alors que le P2 approvisionnait l'autre tiers. Ces deux sources se partagent maintenant l'approvisionnement de façon équivalente. Enfin, à leur limite de distribution, l'eau des deux puits s'interconnecte, créant ainsi une zone où s'opère alors un mélange des eaux.

Notons que, selon les rapports municipaux, le P2 présente des niveaux moyens d'environ 160 µg/l de Mn, ce qui est 3 fois moins élevé que les niveaux de Mn du P1, soit 500 µg/l (DS : 129 µg/l). Le P2, bien que rattaché directement à la même nappe souterraine que le P1, est localisé près de la rivière Matawin, ce qui peut favoriser une certaine dilution de l'eau de ce puits (Gaudreault, 2001 et figures 2 - 3).

Tableau 1

Niveau de Mn ($\mu\text{g/l}$) provenant du réseau municipal du réservoir Manouane par nombres de prélèvements annuelles (N)*

Année	N	Moyenne	σ	Minimum	Maximum
1996	2	0.26	-	0.25	0.27
1997	10	0.32	0.01	0.28	0.35
1998	12	0.42	0.17	0.37	0.48
1999	12	0.53	0.10	0.41	0.76
2000	12	0.63	0.15	0.57	0.68
2001	15	0.48	0.1	0.15	0.63
2002	9	0.53	0.4	0.51	0.64
2003	11	0.59	0.5	0.57	0.64
2004	12	0.62	0.1	0.59	0.67
2005	14	0.61	0.21	0.17	1.15
Moyenne	10.9	0.50	0.13	0.15	1.15

*Adapté des rapports municipaux

L'eau du réseau municipal subit deux traitements d'abord par le silicate de sodium, qui est un séquestrant, suivi d'une chloration; traitements qui, d'après les rapports d'analyses de la municipalité sont manifestement peu efficaces pour le Mn. Pourtant, des traitements efficaces, dont l'ozonation et le «sable-vert» (permanganate de potassium, KMnO_4 , ou Zéolites)¹ que nous décrirons plus loin, sont disponibles pour réduire le Mn de l'eau (MEFI, 1999; MAMR, 2006). La population visée par l'étude a donc été exposée pendant plusieurs années à des concentrations de Mn comprises entre 160-600 $\mu\text{g/l}$ (tableau 1).

¹ Le permanganate de potassium, KMnO_4 , ou «sable-vert» ou Zéolites, est une combinaison de glauconite, de MnSO_4 et de K_2SO_4 , ne serait produit qu'au New Jersey aux États-Unis (MEFI, 1999).

Aussi, nous avons reçu de la municipalité en cause un document portant sur l'ensemble des plaintes des citoyens par rapport à la qualité de l'eau potable, essentiellement concernant le Mn et le Fe, et par rapport aux problèmes techniques du fonctionnement des pompes d'approvisionnement. Également, cette municipalité fut visée par une directive du Ministère, en 2000 (*voir* copie de la mise en demeure en appendice) compte tenu d'un nombre anormalement élevé d'avis d'ébullition émis sur une période donnée, ce qui la démarquait de façon significative de la moyenne provinciale. Selon des fonctionnaires du Ministère de l'Environnement, du Bureau régional de Joliette ou de Repentigny impliqués dans le dossier de la municipalité étudiée, seule la crainte de contamination d'origine bactérienne importante motivait la démarche gouvernementale.

La municipalité à l'étude a procédé à des analyses de ses eaux en termes de valeur totale en Mn, ce qui ne permet pas de discriminer la forme chimique, voir le type de valence du Mn présent dans l'eau destinée à la consommation. En outre, cette dernière utilisait un séquestrant comme le silicate de sodium pour traiter son eau destinée à la consommation. Or, «... l'addition d'un produit chimique séquestrant qui enrobe le Fe et le Mn pour les rendre inactifs, réduisant ainsi les taches sur les vêtements et sur les accessoires sanitaires, n'enlève pas pour autant le Fe et le Mn qui sont donc ingérés lors de la consommation» (Le Groupe FORCES, S.E.N.C, 1998).

Nous ne disposons pas d'analyse de sol proprement dite pour le Mn. Cependant, des analyses physicochimiques de l'eau (annexe 6 ainsi que le tableau 1) nous donnent une évaluation indirecte de l'impact de contamination d'origine anthropique au niveau du sol en 2005, moment où nous avons entrepris nos prélèvements de cheveux et effectués nos enquêtes. La municipalité devant procéder à des analyses physicochimiques détaillées de ses eaux une fois par année.

En 2005, aucun autre contaminant chimique, à l'exception du Fe et du Mn, n'était présent de façon significative dans les eaux souterraines, mais les analyses de sols demeurent lacunaires (annexe 6). Les principaux rejets sont presque essentiellement des résidus de bois, surtout riches en phénols, et les analyses détaillées du MDDEP (annexe 6) et des firmes d'hydrogéologie (voir Gaudreau, 2001 et l'annexe 6) ne relèvent pas de contamination pouvant être attribuable à cette source, au niveau du sol. Notons également la présence, dans les limites de la municipalité, d'un terrain de golf, d'une usine de produits forestiers et d'un site d'enfouissement désaffecté comme source potentielle de pollution d'origine anthropique de la source d'approvisionnement en eau potable qu'il faudrait davantage investiguer bien que les rapports des firmes d'ingénieurs écartent cette possibilité (comm. pers.).

Plus récemment, la participation du gouvernement fédéral à la résolution de problèmes reliés aux systèmes d'aqueducs, essentiellement des contaminations d'origine bactériennes au départ auxquels se sont rattachées des problèmes reliés au Mn par la suite, ont fait l'objet de financements majeurs, notamment de la part d'Infrastructure Canada dans le cas de cette municipalité en particulier.

2.3 Revue de la littérature portant sur les sources et les effets d'un excès de (Mn)

Rôle du Mn et effets sur l'organisme dus à la présence d'un excès de Mn

Les connaissances sur les effets dûs à une surexposition au Mn sur la santé humaine, en l'occurrence le portrait clinique de l'intoxication, la toxicocinétique et les mécanismes neurophysiologiques sont bien connus et documentés depuis longtemps notamment chez les travailleurs miniers exposés au Mn (Penalver, 1955; Cotzias, 1958; Mena, 1967) ainsi que chez les travailleurs d'usines de transformation (Iregren, 1990; Mergler et *al.*, 1997).

Dès 1837, les symptômes du manganisme découlant d'une exposition au Mn par les voies respiratoires de l'air, ont fait l'objet d'une publication (Couper, 1837 cité par Mena en 1967); soit bien avant que l'on documente le rôle de la dopamine dans le développement de la maladie de Parkinson et, en particulier, les symptômes extrapyramidaux qui lui sont associés (Barbeau, 1984).

Bien que le Mn puisse occasionner, à certaines concentrations, des problèmes de santé, c'est néanmoins un élément indispensable car il est un cofacteur dans plusieurs réactions enzymatiques (Zhang *et al.*, 1994; IOM, 2002) et le Mn par son pouvoir antioxydant contribue également à la protection des cellules (Wedler, 1994). Toutefois, lorsque les doses absorbées dépassent un certain seuil d'environ 6 mg/jour, en particulier sur de longues périodes, elles peuvent alors entraîner des effets toxiques susceptibles de se manifester par des troubles neurocomportementaux (IOM, 2002).

Lors d'intoxications importantes au Mn, en phase avancée, on observe un dysfonctionnement du système nerveux central, nommé manganisme, pouvant entraîner des désordres de la parole, du mouvement, de l'équilibre et enfin des troubles similaires à ceux de la maladie de Parkinson tels, par exemples, la rigidité musculaire, des tremblements incontrôlés et une démarche traînante (Mena, 1967; Barbeau, 1984; Huang *et al.*, 1993). Selon ces auteurs, le Mn, en s'accumulant au niveau du cerveau et plus particulièrement au niveau des noyaux gris centraux, a pour effet d'altérer le fonctionnement des neurones. Bien qu'au niveau du liquide céphalo-rachidien, l'homéostasie du Mn est directement reliée aux concentrations plasmatiques en Mn (Zheng, Aschner et Gherzi-Egea, 2003), lorsqu'il est en excès, le Mn contribue alors à un déséquilibre important entre divers neurotransmetteurs comme la dopamine surtout, mais également la sérotonine, la GABA et l'acétylcholinestérase (Pal, Samii et Calne, 1999).

Comme il a été mentionné précédemment, le Fe et le Mn se retrouvent souvent associés dans l'environnement où ils peuvent interagir de façon significative dans l'organisme exposé à ces deux éléments. Au niveau sanguin, les concentrations de Fe et de Mn sont inversement proportionnelles entre elles et de hautes concentrations en Mn peuvent inhiber la capture du Fe (Boojar et Goodarzi, 2002). Le transport des ions de Mn par une enzyme, la transferrine, permet à ceux-ci de franchir la barrière hémato-encéphalique afin de rejoindre le tissu nerveux au niveau principalement de la substance grise (Aschner, 1990). Des études récentes suggèrent que, contrairement à ce que l'on croyait auparavant lorsque la quantité de Fe au sein de l'organisme devient trop importante (Aschner, 1997), la quantité de Mn présente dans le cerveau augmente (Fitsankis *et al.*, 2008).

La variabilité dans l'apparition des effets attribuables à une trop forte présence de Mn dans l'organisme est fonction de différents paramètres d'exposition (voie d'exposition, concentration, forme chimique du Mn, interaction avec le fer, exposition multiple) et également fonction de l'âge, du sexe, de facteurs physiologiques dont l'intégrité des fonctions hépatiques et comportementales (consommation d'alcool, de boissons gazeuses) autant d'éléments étayés par quelques études (Mergler *et al.*, 1997; ATSDR, 2000; Sassine *et al.*, 2002).

Toutefois, il est possible de détecter les tout premiers symptômes, en particulier chez des travailleurs ayant été exposés au Mn dans leurs environnements, avant que la pathologie soit plus manifeste, ceci à l'aide d'une batterie de tests sur les capacités neurocomportementales (Zoni, Albini et Lucchini, 2007). Même à partir de faible niveau d'exposition, il est possible d'établir une association entre le niveau de Mn sanguin et la perte de performance sur des tests neuromoteurs (Beuter *et al.*, 1999).

Concernant les effets d'un excès de Mn chez les enfants, selon l'étude épidémiologique de Takser (2004), l'apport élevé en Mn provenant de la mère peut avoir une incidence sur le développement psychomoteur de l'enfant à 3 ans.

Les enfants exposés au Mn dans l'eau de consommation présentent également des troubles de comportements et neuromoteurs comme en témoigne une littérature plus récente (Woolf *et al.*, 2002; Wasserman *et al.*, 2006).

Une publication souligne que des enfants fortement exposés au Mn provenant de l'alimentation, avec des niveaux sanguins de 3,7 µg/dl (la norme étant plutôt de 0,4-1,4 µg/dl) ont manifesté des troubles de convulsion (Hsieh *et al.*, 2007).

2.3.1 L'apport quotidien en Mn

Le Mn est un élément essentiel à la vie mais sa présence et son métabolisme au sein de l'organisme sont influencés par divers facteurs.

Les doses quotidiennes de Mn recommandées varient entre 2,5 et 5 mg/j. Le FDA recommande environ 1-2 mg/1,000 Kcal (FDA, 1980; Collipp, Chen et Maitinsky, 1983), alors que l'*Institute of Medicine of the National Academies* (IOM) recommande un apport quotidien de 2,3 mg/j pour les hommes et 1,8 mg/j pour les femmes.

Quant au seuil de tolérabilité basé sur la non-observance d'effets adverses en fonction d'une diète occidentale nord-américaine, il serait de 11 mg/j (IOM, 2002).

Au Canada, la dose recommandée était, en 1987, de 5 mg/j, afin de maintenir un équilibre positif (Env. Can., 1987). Dans le cas du Mn, il serait préférable de parler d'un seuil de tolérabilité plutôt que d'acceptabilité (OMS, 2006).

Le tableau 2 illustre la comparaison entre un apport quotidien normal en Mn (OMS, 1999) et l'apport relatif lorsque l'eau potable, consommée par une personne de poids moyen de 70 Kg, soit d'environ 2 litres par jour (inspiré d'US EPA, 1984).

Tableau 2

Tableau comparatif de l'apport quotidien en Mn

PARAMÈTRES	EAU	AIR	NOURRITURE ^(a)
Concentration typique	4 µg/l	0,023 µg/m ³	1,28 µg/cal
Apport quotidien moyen	2 l	0,002 mg ^(b)	3 000 ca
Apport quotidien moyen par jour	8 µg/l	0,46 µg ^(c)	3 800 µg
Fraction d'absorption assumée	0,03 ^(b)	1 ^(c)	0,03 ^(d)
Dose approximative absorbée	0,24 µg/l (0,2%)	0,46 µg (0,4%)	114 µg (99,3%)

a. Pennigton, 1986 (ATSDR, 2000)

b. Si l'on suppose une déposition de 100% au niveau des poumons et un volume quotidien de 20 m³

c. Valeurs assumées

d. Davidson, 1988

2.3.2 L'alimentation

L'apport quotidien en Mn par rapport à l'alimentation mérite une attention particulière. En effet, nous savons que l'apport alimentaire en Mn est loin d'être négligeable (Nkwenkeu *et al.*, 2002).

Les données fournies par l'OMS en 1999 réitèrent que le Mn provient principalement de l'alimentation et, en particulier, des céréales, des noix, des légumes verts et du thé vert (tableau 3). L'apport quotidien de la nourriture peut varier de 4 à 6 mg/J avec des proportions de 30% pour les céréales et de 15% pour les légumes et les fruits (Wenlock, Buss et Dickson, 1979).

C'est sous la forme bivalente (Mn II) que le Mn est le mieux absorbé par l'organisme (Santé Canada, 1999) et ensuite métabolisé par le foie, puis excrété presque entièrement dans les fécès puis les urines (Papavasiliou, Miller et Cotzias, 1966; Klimis-Tavantzis, 1994; US EPA, 2004).

La biodisponibilité du Mn, est d'environ de 1-5% en regard de la diète alimentaire (IOM, 2002) mais celle-ci demeure toutefois sujette à une grande variabilité en fonction de l'âge et du sexe (tableau 4).

Tableau 3
Valeur relative de l'apport en Mn selon les types d'aliments
(OMS, 1999 inspiré de Pennigton, 1986)

TYPE D'ALIMENTS	APPORT RELATIF (%)
Noix et produits de noix	79,90-31,81
Grains et produits de grains	1,84-27,64
Légumes	9,83-4,57
Fruits	0,87-7,05
Jus de fruits et boissons	0,22-7,79
Légumes et produits de légumes préparés	1,84-4,51
Desserts	0,17-5,42
Nourriture pour enfants ¹	0,74-3,28
Viandes, volailles, poissons et œufs	0,44-2,71
Plats combinés	3,02-2,02
Épices, gras et édulcorants	0,17-0,98
Breuvages (incluant le thé vert)	0,00-1,42
Soupes	0,83-0,44
Laits et autres produits laitiers	0,08-0,33

Tableau 4

L'apport quotidien moyen en Mn selon des groupes d'âges

(extrait de Bolger, P. M., 1998)

Groupes d'âges	Apport quotidien (mg/jour)
6 mois	0,4
2 ans	1,4
6 ans	2,0
10 ans	2,1
14-16 ans (garçons)	2,2
14-16 ans (filles)	1,8
25-30 ans (hommes)	2,4
25-30 ans (femmes)	1,9
40-45 ans (hommes)	2,5
40-45 ans (femmes)	2,0
60-65 ans (hommes)	2,7
60-65 ans (femmes)	2,2
70 ans (hommes)	2,6
70 ans (femmes)	2,1

Le foie constitue la principale voie métabolique du Mn (Papavasiliou, Miller et Cotzias, 1966). Dans un cas de diète appropriée en Mn, les hommes absorbent moins de Mn que les femmes, mais la rétention du Mn chez les hommes est plus importante (Klimis-Tavantzis, 1994). Cette différence pourrait s'expliquer par un métabolisme différent tant chez les hommes que chez les femmes et serait relié au métabolisme enzymatique du Fe par la ferritine qui emmagasine le Fe, ainsi que la transferrine qui transporte cet élément au niveau du plasma (Finley, Phyllis et Jonhson, 1994). Aussi, le Fe est très lié au métabolisme du Mn, sa concentration dans l'organisme variant inversement, de sorte que plus la concentration en Fe augmente celle du Mn tend à diminuer (Klimis-Tavantzis, 1994; Baldwin *et al.*, 1999) sauf au niveau du cerveau (Fitsankis *et al.*, 2008).

Concernant l'apport chez les enfants.

Chez des enfants de 9 à 13 ans, la prise quotidienne, en Mn, ne devrait pas dépasser 6 mg/j (IOM, 2002). Ces derniers accumulent davantage le Mn que les adultes à cause, principalement, de l'immaturation de leur système biliaire qui constitue la principale voie métabolique d'excrétion de cet élément (Klimis-Tavantzis, 1994; US EPA, 2004). En ce qui a trait au nourrisson, on a observé une grande variabilité entre l'apport en Mn provenant du lait maternisé par rapport au lait maternel, ainsi qu'une grande variabilité de cet apport selon le type de lait maternisé, notamment le lait de soya (Collipp, Chen et Maitinsky, 1983). Certaines préparations de lait maternisé à base de soya ont parfois une composition riche en Mn (Collipp, Chen et Maitinsky, 1983). D'autres facteurs, liés aux habitudes alimentaires telle la consommation de boissons gazeuses peuvent, par une interaction avec les minéraux qu'elles contiennent, diminuer la concentration de Mn dans l'organisme (Lajeunesse, 2000).

Enfin, les suppléments vitaminiques peuvent être une source non négligeable d'apport en Mn, jusqu'à 5 mg/jour par comprimé, une quantité qui varie selon certains fabricants (UK Food Standards Agency, 2003). Des comprimés de vitamines présentant une quantité aussi élevée de Mn étaient en vente libre dans le principal commerce de la localité à l'étude.

2.3.3 L'air

C'est sous forme de particules que l'on retrouve principalement le Mn dans l'air et en quantité plus importante près des secteurs industrielles, en particulier des fonderies (Iregren, 1990; OMS, 2001).

Dans l'environnement général, le Mn dans l'air se retrouve à une concentration très variable selon les régions et les saisons (Santé Canada, 1987) avec une moyenne de $0,05 \mu\text{g}/\text{m}^3$, pour un apport quotidien moyen par voies respiratoires de $0,02 \text{ ng}/\text{jour}$ (Santé Canada, 1987) et $0,04 \text{ ng}/\text{jour}$ (US EPA 1990; Hudnell, 1999). Ceci ne représente que de 0,4% de la contribution d'ensemble à l'échelle de l'organisme (OMS, 1981; OMS, 1999 et tableau 2).

L'épithélium olfactif étant en contact direct avec l'environnement par les neurones qui le composent, peut expliquer un transfert du Mn au bulbe olfactif, du moins chez le rat. Cette voie d'exposition au Mn permet donc à celui-ci de contourner la barrière hémato-encéphalique rejoignant ainsi le SNC (Tjälve et Henrikson, 1999; Brenneman *et al.*, 2000; Dorman, 2002).

Certains auteurs suggèrent que l'inhalation de Mn en aérosol peut constituer un apport en Mn lors de la prise de douches (Elsner et Spangler, 2005; Spangler et Elsner, 2006). Toutefois, cette éventualité de l'apport en Mn par la prise de douche, fait l'objet de vives critiques de la part d'autres auteurs (Dorman et Wong, 2006). Les critiques concernent la méthodologie et l'interprétation trop spéculatives.

Une autre source de Mn dans l'air est l'additif pour l'essence à base de Mn, le *méthylcyclopentadienyle manganèse tricarbonyle* (MMT) qui a remplacé le plomb, jusqu'en 2004 au Canada comme additif pour l'essence. Cela pourrait représenter un risque pour la santé surtout s'il y a accumulation de Mn dans l'environnement, principalement dans les milieux urbains. Au Canada, il semble que le MMT a pu jouer un rôle non négligeable en termes d'apport en Mn (Zayed *et al.*, 2003). En 1987, 17,2% du Mn présent dans l'air aurait pu provenir alors de la combustion d'essence avec un additif composé de MMT (ENV. CAN, 1987).

Mais, il faut noter ici que le MMT a été progressivement retiré du marché au cours de l'année 2004 par les fabricants et remplacé par des essences oxygénées.

2.3.4 Le sol

La présence naturelle du Mn, bien qu'abondant dans le sol et plus particulièrement dans la roche-mère, a fait l'objet de peu de publications. C'est surtout sa présence suite à une déposition provenant de l'air principalement due à l'activité humaine qui fait l'objet de publications à ce sujet. Plus précisément, l'activité industrielle occasionnée par l'exploitation minière ou sa transformation que le Mn peut devenir problématique au niveau du sol. C'est donc indirectement en contaminant l'air ou l'eau de son environnement immédiat, qu'il se retrouve ainsi soit inhalé soit ingéré (ATSDR, 2000; US EPA, 2004). Au Canada, les concentrations vont de non détectable à 7 mg/g (Santé Canada, 2006).

2.3.5 L'exposition au Mn dans l'eau

Normalement, le Mn peut se retrouver à une concentration de plus de $\leq 50 \mu\text{g/l}$ au niveau des aquifères (Bowen, 1986) et son apport en provenance de l'eau varie beaucoup comparativement à celui provenant de la diète, soit de 1% à 20% environ. En outre, la présence d'autres éléments dans l'eau peut complexifier cet apport réel (Loranger, Bibeau et Zayed, 1994). Des problèmes de précipité noir relié à la présence de Mn dans l'eau potable et dû à ses interactions avec la tuyauterie du réseau peuvent apparaître à des niveaux d'aussi peu que $20 \mu\text{g/l}$ (US EPA, 2004).

Bien que la surexposition au Mn qui n'est pas occasionnée directement par le travail puisse devenir un problème pour certains individus (Hudnell, 1999), peu d'études sur les effets néfastes associés à sa présence dans l'eau de consommation ont été menées.

L'étude Kawamura *et al.* (1941) fut l'une des premières publications concernant l'intoxication au Mn provenant de puits d'eaux destinées à la consommation au Japon. Toutefois, la pollution tel que décrite dans cette étude était principalement d'origine anthropique, puisqu'un nombre important d'environ 400 piles sèches y étaient enfouies à proximité des puits servant d'approvisionnement en eau potable. Ceci a fait en sorte que les personnes qui s'approvisionnaient à ces puits furent parfois exposées à des niveaux aussi élevés que 28 mg/l. La situation décrite dans cette étude, fait état d'effets plus importants chez les personnes âgées surtout en termes de manganisme. Aussi une progression significative de symptômes, non seulement associés au Mn et au Zn, semble mettre en évidence la présence d'autres contaminants (Kawamura *et al.*, 1941).

L'une des rares études où la présence de Mn provenant de l'eau potable n'est pas d'origine anthropique est celle de Kondakis *et al.* 1989. Les chercheurs ont travaillé ici dans une région de la Grèce, dans trois zones présentant trois niveaux de concentration en Mn dans l'eau soit : 3,6-14,6 µg/l, 81,6- 252,6 µg/l et 1 800-2 300 µg/l. Les trois zones à l'étude étant respectivement constituées de trois cohortes de 69, 42 et 77 sujets.

Leurs résultats indiquent que, plus la concentration en Mn dans l'eau potable à laquelle s'approvisionne ces populations s'élève, plus l'incidence de concentration du MnC est importante et plus les désordres neurologiques liés au manganisme augmentent tant chez les hommes que chez les femmes, avec une plus grande incidence associée au vieillissement, ce qui pourrait s'expliquer par la perte de neurones associée avec l'âge (Kondakis *et al.*, 1989).

Lorsque la concentration en Mn présent dans l'eau potable s'élève à 200 µg/l sur une aussi longue période d'exposition, il est possible que des problèmes de santé puissent en découler (US EPA, 2004).

L'étude He *et al.* (1994) a permis de vérifier l'effet d'une exposition au Mn à des niveaux élevés de 241-346 µg/l auprès d'enfants de 11-13 ans comparativement à ceux d'un groupe de contrôle exposés à des concentrations variant entre 0,030-0,040 µg/l. L'eau potable à partir de laquelle s'approvisionnait le premier groupe était toutefois contaminée par le système d'égout. Des analyses de cheveux furent effectuées ainsi que divers tests neuropsychomoteurs tels *Digit span* (mémoire de travail), *Santa Ana manual dexterity* (dextérité manuelle) ainsi que *digit symbol*, *Benton* et *pursuit aiming test* faisant appel, entre autres, à la dextérité et à la vision. La performance sur tous les tests était significativement plus basse chez des enfants fortement exposés par rapport au groupe de contrôle. Les différences au niveau des cheveux étaient significatives avec 1,252 µg/g chez les enfants exposés, par rapport au groupe témoin avec 0,961 µg/g (He *et al.*, 1994).

Loranger *et al.* (1994), tout en signalant la contribution probable du MMT en termes d'apport en Mn, étudiaient celle du Mn ainsi que d'autres métaux (Fer, Cuivre, Zinc et Cadmium) présent dans l'eau potable au niveau de réseaux d'aqueducs auprès de deux groupes de travailleurs.

Cette étude montre l'importance de tenir compte de divers facteurs, y compris de la diète, pouvant également interagir sur la présence de Mn dans l'organisme chez ces groupes étudiés.

Vierrege *et al.* (1995) sont les seuls auteurs, avec Kondakis *et al.* (1989), à avoir publié sur les effets liés au Mn présent dans l'eau potable de puits en milieux ruraux.

La première étude menée auprès de deux cohortes, l'une de 41 sujets âgée en moyenne de 57,5 ans et l'autre auprès de 74 sujets âgés en moyenne de 56,9 ans, portait sur la présence ou non de symptômes de manganisme et n'a rien trouvé de significatifs entre les deux groupes. Il s'agit d'une étude portant sur des expositions variant de 10 à 40 ans.

Certains auteurs remettent toutefois la méthodologie en question en relevant la faiblesse de l'information concernant la présence probable d'autres contaminants ainsi que d'autres voies de contamination (US EPA, 2002; Spangler et Elsner, 2006).

L'étude du cas, présentée par Woolf *et al.* (2002), porte sur un seul enfant âgé de 10 ans ayant été exposé à un puits de résidence familiale qui pouvait présenter des niveaux aussi élevés que 1,210 µg/l. Des analyses de cheveux, de sang et d'urine furent effectuées. Les résultats montraient des niveaux de concentrations élevés, alors que l'enfant présentait des troubles importants de mémoire avec un QI normal. Les chercheurs se sont attardés ici à comparer la situation, du sujet de cette étude, avec celle des É.U. Les auteurs mettent en garde les autorités américaines sur des risques, associés à la présence du Mn dans l'eau potable, qu'ils estiment être sous-estimés en regard des normes actuelles.

L'étude épidémiologique de Wasserman *et al.* (2006) porte sur des cas d'exposition au Mn dans l'eau de puits avec des niveaux aussi élevés que 793 µg/l. Dans cette étude portant sur 142 enfants, des tests psychométriques ont permis de montrer une réduction des capacités verbales et des performances intellectuelles associée à l'exposition au Mn.

2.4 Les troubles de comportements et le déficit de l'attention avec ou sans hyperactivité (TDAH)

Le DSM-IV définit le trouble de déficit de l'attention/hyperactivité (TDAH) comme étant une symptomatologie pouvant être associée à l'inattention et/ou à l'hyperactivité et à l'impulsivité.

Le TDAH se manifesterait principalement par des comportements agressifs, oppositionnels, et par un déficit d'attention, ainsi que par à un certain niveau de comorbidité, des troubles de QI et de mémoire (Breton *al.*, 1999; Chevalier *al.*, 2007). Il importe en outre de départager les troubles d'apprentissage et les troubles d'habiletés motrices du trouble de déficit de l'attention et du comportement perturbateur tels que décrits dans le DSM-IV, dans la catégorie des troubles habituellement diagnostiqués pendant la première enfance, la deuxième enfance ou l'adolescence (Toupin *al.*, 1998; Breton *al.*, 1999). Ces deux catégories se subdivisent en sous-catégories ainsi qu'en diagnostics associés de troubles de déficit de l'attention/hyperactivité non spécifique, troubles de conduite, troubles oppositionnels avec provocation et troubles de comportement perturbateur non spécifique (APA, 1996).

Le TDAH est un trouble d'étiologie multifactorielle, cliniquement hétérogène, associé à un coût psychologique et social appréciable pour la plupart des jeunes qui en souffrent, du fait des échecs scolaires et des espoirs professionnels déçus (Chevalier *al.*, 2007).

Des coûts tout aussi importants sont associés au stress familial, à la consommation de soins et à la mobilisation de nombreux acteurs sociaux qui restent dans l'impossibilité de caractériser le TDAH comme source de problématique car son étiologie demeure néanmoins méconnue (Chevalier *al.*, 2007).

Une étude, au Québec, suggère que les caractéristiques socio-économiques sont faiblement associées au TDAH (ACFAS, 1998; Chevalier *al.*, 2007). Le revenu familial ne semble pas constituer un facteur causal important dans l'étiologie du TDAH bien qu'il puisse néanmoins exacerber les symptômes pouvant lui être associés. En fait, le sexe masculin, le cheminement scolaire irrégulier, les difficultés relationnelles entre parent et enfant, le groupe d'âge de 6 à 10 ans, les événements stressants vécus par le jeune, la situation d'enfant unique, les difficultés relationnelles dans le couple parental, les troubles intériorisés du parent et la maladie physique chronique au foyer sont les principaux indicateurs de risque (Chevalier *al.*, 2007). La prévalence au Québec du TDAH se situe autour de 3-5%. Selon le Conseil du Médicament (CD Express, 2004) de 1995 à 2003, l'augmentation de la prévalence du TDAH a été plus marquée chez les filles, bien qu'elle demeure nettement en deçà de celle observée chez les garçons d'âge scolaire. Chez ces derniers, la prévalence s'élève jusqu'à 13,3% pour les jeunes de 6-9 ans et à 12,7% pour ceux de 10 à 14 ans. (Chevalier *al.*, 2007)

Aux États-Unis, selon une enquête épidémiologique, près de 8% des enfants âgés entre 4 et 17 ans ont reçu un diagnostic de TDAH (U.S. Centers for Disease Control and Prevention, 2003). L'Association des médecins psychiatres du Québec (AMPQ) estime pour sa part qu'environ 5% des enfants souffrent du TDAH et que plus de la moitié d'entre eux garderont des symptômes au cours de leur vie. En fait, selon l'AMPQ, 3-4% des adultes souffrent de TDAH (AMPQ, 2005).

Une étude épidémiologique, commandée par le ministère de la Santé du Québec, et conduite en 1992 auprès de 2 400 jeunes âgées entre 6 et 14 ans indique une variation de 3,8% à 9,8% d'incidence de TDAH chez les enfants à l'élémentaire. Notons également que la prévalence des troubles anxieux, auprès de cette cohorte, est de 10% à 22% (Breton *al.*, 1999).

Il s'agissait surtout de troubles de comportements des jeunes à l'endroit de leurs parents, et les garçons présentaient également une symptomatologie significativement plus importante que les filles, et cela tant au primaire qu'au secondaire.

Une autre étude menée par le Groupe de Recherche sur les Inadaptations Sociales de l'Enfance (GRISE) de l'Université de Sherbrooke, à partir d'une cohorte plus faible cependant, fait également ressortir l'hypothèse de l'existence de sous-groupes entre les filles et les garçons suite aux différences dans les résultats observés (Toupin *al.*, 1998).

Selon ces études, les garçons présenteraient plus de trouble de comportement comme des troubles d'attention et d'impulsivité, surtout au niveau de l'élémentaire, que les filles qui de leur côté manifestaient plutôt de l'hyperactivité.

D'après notre recension de la littérature, seuls quelques articles associent présentement le Mn à des troubles de comportement et d'apprentissage, dont le trouble du déficit de l'attention qui est associé ou non à l'hyperactivité. Des études menées sur des modèles animaux, en l'occurrence des souris, ont permis de constater une augmentation significative de l'hyperactivité (Rodier, 1955) et de l'activité motrice (Lown et Morganti, 1984) suite à la consommation d'eau potable contenant du Mn. Une récente méta-analyse décrivant le TDAH ainsi que les antécédents familiaux, semble établir un lien significatif entre le bagage génétique au niveau du système dopaminergique et le TDAH (Li et *al.*, 2006). Puisque nous connaissons relativement bien le rôle du Mn en termes d'effets sur le système dopaminergique, cette analyse aide à justifier, pour notre étude, les liens possibles entre le Mn dans l'eau de consommation, la dopamine et le TDAH. Également, certains auteurs ont établi une association entre les troubles de comportements reliés au TDAH et la présence de Mn au niveau des cheveux (Barlow, 1986; Crinella, Cordova et Ericson, 1998).

CHAPITRE III

CADRE, HYPOTHÈSES ET MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE

3.1 Le cadre de l'étude

3.1.1 Les questions de recherche

- Dans la municipalité sous étude, quel est le degré d'exposition selon les divers profils d'utilisation de l'eau en provenance du réseau municipal par rapport à d'autres sources, dont la diète notamment ?
- Quel est le risque de développer des troubles de comportements chez les enfants exposés à une eau potable contenant des concentrations élevées de Mn?
- Quels sont les coûts sociaux et les impacts en termes de qualité de vie pouvant être associés à une exposition importante, passée ou présente, de Mn dans l'eau potable?

3.1.2 Les hypothèses de recherche

Considérant la concentration en Mn dans l'eau de l'aqueduc de la municipalité sous étude ainsi que les liens entre la présence de ce dernier et sa possible association avec les troubles de comportement tels que décrits dans la littérature, nous faisons l'hypothèse que :

- L'exposition au Mn présent dans l'eau potable peut contribuer de façon significative à augmenter les apports provenant d'autres sources, par exemple : l'air, le sol, l'alimentation, etc., occasionnant des niveaux d'expositions élevés;
- Nous faisons également l'hypothèse que cette concentration élevée de Mn dans l'eau qui peut se manifester par une concentration élevée du Mn dans les cheveux, peut-être associée au comportement des enfants qui tel qu'évalué par les parents et les enseignants peut être associée au trouble de déficit d'attention/hyperactivité (TDAH).

3.1.3 Objectifs et démarche générale

Cette étude exploratoire avait pour objectif de vérifier si des concentrations élevées de Mn dans l'eau d'une municipalité pendant plusieurs années pouvait avoir des effets sur le comportement des enfants âgés entre 6 et 15 ans.

Les objectifs spécifiques étaient :

- De décrire et documenter la situation entourant la présence du Mn dans l'eau d'une municipalité, en départageant le niveau d'exposition de ce dernier chez des groupes ciblés et en procédant à la caractérisation et la comparaison de diverses sources d'exposition potentielles au Mn, dont notamment l'eau du robinet et l'eau embouteillée;
- D'identifier et analyser les autres effets et impacts tant au niveau social qu'économique ainsi que d'autres aspects que nous pourrions qualifier d'externalités;
- De mesurer les concentrations de Mn dans les cheveux d'enfants dont les maisons sont alimentées par l'aqueduc municipal;
- D'effectuer une enquête auprès d'un groupe d'enfants, ainsi que de leurs parents et professeurs, afin d'analyser les habitudes de consommation ainsi que les effets de l'exposition au Mn auprès de ces jeunes, notamment sur le plan des troubles comportementaux.

En matière d'éthique, nous nous sommes conformés aux règles usuelles et habituelles qui répondent aux normes établies par le «*Cadre normatif pour l'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM*» (annexe 1a).

3.1.4 Variables utilisées dans l'analyse statistique

L'évolution de la concentration en Mn dans l'eau, ainsi que la concentration du Mn dans les cheveux (MnC) constituent les variables principales de cette étude (tableau 5).

Les variables explicatives sont multiples, certaines d'ordre qualitatif et d'autres d'ordre quantitatif. Il fallait d'une part départager les variables reliées aux usages de l'eau destinée à la consommation afin de documenter les apports en Mn pouvant provenir d'autres sources. Il s'avérait essentiel de bien cibler la provenance exacte de la sources d'exposition de Mn afin de limiter les biais potentiels d'interprétation.

L'analyse des cheveux MnC se justifie ici comme élément de comparaison valable afin d'évaluer quantitativement et comparer les effets possibles du à la présence du Mn dans l'organisme selon les résultats de publications récentes. À titre d'exemple, une étude relève des niveaux élevés de Mn au niveau du cheveu (471,5 ppm) qui semble expliquer la présence de troubles de comportements chez des enfants participants (Barlow, 1986). D'autres études portant sur des effets neurologiques possibles auprès d'enfants d'une communautés vivant à proximité d'un site contaminé nous montrent également des réponses significatives suite à des analyses de cheveux (Wolf *et al.*, 2002; Wright *et al.*, 2006).

Du point de vue des troubles comportementaux, certaines variables devaient être prises en compte, particulièrement celles qui relèvent du contexte socio-familial. Dans le cas présent, nous devons considérer, entre autres, le statut socioéconomique, la structure familiale et la présence de problèmes de santé mentale chez les enfants.

Enfin, des variables interférentes devaient être distinguées, telle la pollution d'origine anthropique comme la présence d'activités agricoles ou la proximité de sites d'enfouissement.

Les contenus des questionnaires concernant la consommation de l'eau ainsi que celui concernant le profil de diète portant sur les habitudes alimentaires en fonction des aliments reconnus comme étant une importante source de Mn, s'inspirent de questionnaires déjà utilisés par divers groupes de recherche de l'UQAM dont le Centre de recherche interdisciplinaire sur la biologie, la santé et l'environnement (CINBIOSE) et Lajeunesse (2004), le Réseau collaboratif de recherche sur les impacts des dépositions atmosphériques de mercure à grande échelle au Canada (COMERN), ainsi que d'autres sources (Bilodeau, 1999)

Tableau 5
Principales variables à l'étude

Variables dépendantes	Mn dans les cheveux	Troubles de comportement
Variables explicatives	Mn dans l'eau consommée	Mn dans les cheveux
Variables interférentes	Régime alimentaire	- Facteurs socio économiques, âge, sexe, etc. - Facteurs de contamination d'origine anthropique

3.2 Les méthodes de collecte de données

3.2.1 Choix de la municipalité visée par l'étude

Afin d'assurer l'atteinte de nos objectifs de recherche, il fallait que la population visée par l'étude soit exposée à des concentrations élevées de Mn.

Nous avons donc choisi de mener notre étude dans une municipalité qui présente un niveau de contamination élevé, bien documenté, à partir d'une source d'approvisionnement relativement stable et sur une durée de plus de dix années. Or, ce fut particulièrement le cas de cette municipalité où le niveau de Mn est passé d'environ 530 µg/l à 600 µg/l en dix ans. Il s'agit de niveaux comparables à ceux d'études ayant déjà fait l'objet de publications antérieures (Kondakis *et al.*, 1989; He et Zhang, 1994; Vierrege *et al.*, 1995; Lajeunesse, 2000; Wasserman *et al.*, 2006).

Si l'on se réfère aux paramètres définis par l'OMS concernant l'apport quotidien en Mn, théoriquement, en présence d'une concentration de plus de 530 µg/l de Mn dans l'eau de consommation, cet apport peut normalement s'élever à 22,7% par opposition à 0,2% (tableau 2).

3.2.2 Le groupe ciblé pour l'étude

Pour des raisons d'ordre méthodologique et pratique, dans le contexte de cette étude exploratoire, nous avons choisi d'étudier un groupe d'enfants car ils sont plus vulnérables aux contaminants. C'est également le groupe d'âge le plus susceptible de présenter la symptomatologie associée au TDAH (Chevalier *et al.*, 2007). Nous avons donc ciblé des enfants de l'élémentaire et des premières années du secondaire âgés entre 6 et 15 ans, relativement homogène quant à leur niveau d'exposition au Mn provenant du réseau municipal et quant à la durée de cette exposition mesurée sur une moyenne de résidence d'environ dix ans.

L'exposition au Mn.

Nous avons d'abord procédé à la caractérisation de la contamination au Mn présente dans l'eau provenant du réseau municipal, desservie par les puits P1 et P2, par rapport à d'autres sources comme l'eau en bouteille fournie par le principal et unique distributeur privé.

Nous avons, de plus, évalué la contribution des douches comme source probable d'exposition au Mn par la compilation de données mesurant la fréquence et la durée des douches sur une base hebdomadaire.(annexe 4)

Nous avons examiné l'interférence possible de la diète afin de tenter d'évaluer l'apport en Mn pouvant provenir de l'alimentation. Lors de l'enquête auprès des enfants, nous avons documenté leurs habitudes alimentaires en vérifiant leur consommation d'eaux gazeuses ainsi que de jus faits à partir de l'eau du robinet. Pour apprécier la consommation, par association et visualisation sur une base journalière, nous avons utilisé divers contenants commerciaux de boissons gazeuses, jus, etc. afin d'en quantifié les portions consommées.(annexe 4)

Nous avons fait analyser par le Centre de Toxicologie du Québec (CTQ), l'eau de cinq résidences desservies par le réseau d'aqueduc municipal réparties à divers endroits stratégiques de la municipalité afin de vérifier la correspondance des apports en eaux des différents puits P1 et P2 (annexe 5). Nous avons aussi consulté les rapports des firmes d'ingénieurs mandatées par la municipalité afin de procéder à une étude de caractérisation des nappes souterraines en vue de leur exploitation. Nous avons inclus, dans notre banque de données, les analyses faites sur une base périodique pour le compte du MDDEP afin de documenter la contribution pouvant provenir d'autres minéraux ou d'autres origines anthropiques (annexe 6).

Dans la mesure où notre étude porte sur des enfants âgés de 6 à 15 ans de deux écoles de la municipalité, nous avons fait analyser, par le CTQ, l'eau des abreuvoirs de ces deux écoles.(annexe 5)

Enfin, nous avons fait compléter des tests d'évaluation du comportement par les parents et les enseignants, afin de distinguer les sujets qui consomment l'eau et qui présentent un gradient de contamination pouvant être associé à des troubles de comportement (annexe 3).

3.2.3 Évaluation des effets

Nous avons retenu les tests CPRS-R:S (Conners Parent Rating Scale) et CTRS-R:S (Conners Teacher Rating Scale) en version brève puisqu'ils sont parmi les plus reconnus et les plus utilisés par la communauté scientifique internationale et également les plus utilisés par les psychologues scolaires du Québec. En fait, il s'agit de la troisième échelle la plus utilisée dans le monde pour le diagnostic du TDAH.

Elle est en usage depuis plus de 30 ans et sert à évaluer essentiellement les troubles de comportement, l'hyperactivité, les troubles d'attention et elle établit un index d'hyperactivité (Conners *et al.*, 1998; Conners, 2000; Cordes *et al.*, 2004). Cet index fait partie d'une batterie de tests dont le questionnaire de Conners (Continuous Performance Task ou CPT; Conners, 1973) rempli par l'enfant lui-même ainsi que les versions parents et enseignants (Goyette, Conners et Ulrich, 1978) et fait partie des outils de confirmation de diagnostic les plus utilisés par les psychologues scolaires québécois» (Larose *et al.*, 2003 et voir également le site Internet de l'Association des psychologues scolaires du Québec <http://www.aqps.qc.ca>). Dans le cadre de cette étude, nous n'avons pas retenu la version à être complétée par l'enfant puisque qu'elle ne répondait pas à nos objectifs de départ. Il faut également souligner que les tests Conners en version brève pour les parents et les enseignants en annexe 3, que nous avons utilisés, sont relativement faciles à compléter, puisqu'ils sont composés de questions à choix multiples (30 questions environ selon le format et le type de test) qui peuvent être rapidement complétés (5-10mn).

3.2.4 La sollicitation

La participation des directions d'école

Étant donné que le groupe cible était constitué d'une population d'enfants de 6 à 15 ans, recrutés au sein d'un établissement scolaire de niveau primaire à partir de la troisième année, ainsi que du niveau secondaire I et II d'une école située dans la région de Lanaudière, nous avons dans un premier temps sollicité par lettre la participation de la direction des deux écoles visées par la recherche (annexe 1).

La participation des enseignants

Après avoir reçu les réponses des parents, nous avons rencontré les directions d'écoles afin que les parents qui avaient accepté que leur enfant participe à l'étude puissent autoriser les enseignants à compléter la version du formulaire Conners CTRS-R:S qui leur était destinée.

Il revenait aux enseignants qui ont accepté de participer à l'étude (annexe 1), d'évaluer, à partir du test Conners CTRS-R : S (version brève/enseignants), différents comportements de ces élèves (annexe 3).

Puisque les enseignants devaient effectuer cette tâche en dehors de leurs heures de classe et qu'ils devaient consacrer du temps pour le compléter, une rétribution de 10\$ leur a été versée pour chacun des questionnaires remplis.

Cependant, concernant le test Conners pour les enseignants, nous n'avons pu retenir les résultats de deux des participantes puisqu'elles n'ont pu compléter l'ensemble des questionnaires pour cause de congés de maternité.

La participation des parents

C'est avec l'autorisation des directions d'écoles que nous avons pu établir des envois postaux qui nous ont permis de rejoindre directement les parents de 175 étudiants, dont 98 élèves du niveau primaire ainsi que 77 élèves du premier cycle du secondaire (annexe 1). Après la formation du groupe cible, des formulaires de consentement formels ont été signés par les parents répondants (annexe 1).

Les parents ont rempli, sans intervention de l'interlocuteur, un test Conners CPRS-R: (version brève/parents) et un questionnaire concernant les habitudes de consommation d'eau ainsi que sur les habitudes alimentaires (*voir annexe3 et 4*).

3.2.5 Entrevues et rencontres ouvertes

Plus d'une dizaine d'entrevues et de rencontres ciblées nous ont permis de rejoindre les personnes ou organismes avec lesquels nous voulions établir une collaboration, de présenter la problématique et de cerner les aspects pouvant être reliés à la présence du Mn dans l'eau destinée à la consommation, telle que vécue dans les communautés et par les autorités.

Nous avons pu rencontrer, ou contacter, les personnes et organismes suivants :

- Le maire;
- La technicienne responsable du contrôle de la qualité des eaux de la municipalité (base quasi mensuelle);
- Les directions d'écoles et les enseignants participants;

- Les firmes d'ingénieurs et de consultants mandatées pour régler le problème de filtration et de traitement de l'eau dans la municipalité ainsi que celle qui a mis en place l'actuelle structure du réseau;
- La Direction de la Santé publique de Joliette (DSP-Joliette) ainsi que les médecins responsables du CLSC local.

La première étape consistait à bien documenter la problématique du Mn du réseau d'aqueduc municipal à l'étude auprès du maire ainsi que de la technicienne. Le médecin responsable du CLSC local fut également rencontré dès le début du projet.

Ces démarches furent effectuées d'abord de façon exploratoire. Plusieurs rencontres informelles ont par ailleurs permis de compléter et de contre-vérifier certaines informations. Nous devons rassurer le plus grand nombre d'intervenants quant au professionnalisme de l'équipe de recherche tout au long de notre recherche.

La seconde étape visait à rencontrer les directions d'écoles afin de mettre en place la logistique des envois aux parents et de s'assurer de la participation des enseignants et afin, d'autre part, d'évaluer certains aspects reliés à la présence du Mn dans l'eau, au niveau des fontaines de l'école en particulier.

Lors de la troisième étape, les parents qui ont accepté de participer à l'étude furent contactés afin de procéder au prélèvement de cheveux de leurs enfants et afin de répondre aux divers questionnaires par entrevue sur rendez-vous.

Nous avons également eu une rencontre avec l'équipe multidisciplinaire de la DSP de Joliette, composée de médecins et d'administrateurs, pour la mettre au courant de notre projet et l'aviser si nos résultats s'avéraient positifs.

Lors de cette rencontre, les directions d'écoles ainsi que des représentants de la Commission scolaire étaient présentes. La technicienne responsable de la gestion des eaux ainsi que le directeur municipal était également présent. Cette rencontre a permis non seulement de présenter notre projet, mais a stimulé un échange sur les effets associés à la présence du Mn dans les eaux souterraines et leurs conséquences potentielles sur les troubles de comportement.

Nous avons également eu une rencontre avec des élus municipaux ainsi qu'avec l'une des codirectrices du projet et deux médecins du CLSC local qui a précédé la rencontre de présentation des résultats auprès des parents.

La dernière rencontre, sollicitée par un second envoi postal auprès de 175 résidences des parents faisant l'objet de l'étude et qui incluait, de facto, ceux qui ont participé au projet, avait pour but de faire un suivi sur la démarche et les résultats anticipés. Toutefois, moins d'une dizaine de parents ont répondu à cet appel qui devait nous permettre d'informer la population et nous communiquer, également, les attentes que pouvait manifester celle-ci par la recherche que nous menions au sein de leur communauté.

Toutes ces étapes étaient nécessaires non seulement pour la collecte de données, mais aussi pour planifier la diffusion de l'information auprès des autorités scolaires, municipales et de la population en général.

Il fallait également éviter que des parents ne cherchent de l'information auprès de personnes ou d'organismes incapables de leur en fournir. De fait, un seul appel, auprès de la DSP-Joliette, fut rapporté à ce sujet.

3.2.6 Entrevues dirigées

Lors des rencontres individuelles avec les parents et les enfants participants, nous avons fait compléter les questionnaires de tests de comportement (annexe 3) ainsi qu'un questionnaire développé par le CINBIOSE portant sur les habitudes de consommation (annexe 4). Ce dernier questionnaire mesurait les habitudes alimentaires ainsi que le profil d'utilisation d'eau, à partir du questionnaire utilisé dans le mémoire de Lajeunesse (2004) qui a été modifié pour l'adapter à des cas de résidences connectées sur un réseau municipal et non à partir de puits isolés.

Ces rencontres individuelles furent également une occasion d'informer et de rassurer les parents sur notre démarche.

3.2.7 Échantillonnage et analyse de l'eau

L'analyse systématique de l'eau dans les résidences ne fut pas jugée essentielle initialement puisque nous disposions déjà de rapports d'analyses mensuels de l'aqueduc municipal depuis la mise en place des puits en novembre 1996. Ces données provenant de la municipalité ont été validées par le MDDEP.

Toutefois, douze échantillons d'eau des fontaines des écoles ont été pris et ensuite analysés par le CTQ.

Nous avons également procédé à des analyses d'eau de cinq résidences, réparties sur l'ensemble du territoire desservi par la municipalité, afin de vérifier la correspondance en concentration de Mn avec les résultats fournis par la municipalité.

Les prélèvements d'eau du robinet et des fontaines, du côté des résidences et des écoles, furent aussi analysés par le CTQ. Pour ces analyses, des bouteilles de 500 ml de «Nalgène» furent utilisées conformément au protocole du CTQ. Une préparation à base d'acide nitrique ($\text{pH} < 2$) de 2,5 ml fut utilisée comme préservatif.

Les prélèvements, sauf pour les résidences isolées, furent effectués tôt le matin, mais la même journée dans chacune des deux situations, après avoir laissé couler l'eau entre 3 et 5 mn, dans tous les cas. Les prélèvements furent tous conservés en milieu frais c'est-à-dire au réfrigérateur à une température de 4°C. Leurs contenus ont été soumis à une analyse par spectrophotométrie par flux de plasma à base d'argon au laboratoire de la CTQ.

3.2.8 Échantillonnage et analyse des cheveux

Suivant le protocole d'échantillonnage recommandé par le Centre de toxicologie du Québec- Institut National de la Santé publique du Québec (CTQ-INSPQ), nous avons procédé à un prélèvement minimal d'une mèche de cheveux de 2,0 cm minimum, en haut du cou et à l'arrière de la tête aussi près que possible du cuir chevelu de l'enfant. Les cheveux ne furent ni lavés avant l'envoi, ni lors de leur réception au laboratoire.

Aucun enfant ne nous a indiqué l'usage de teinture, ce dont il fallait s'assurer, car les produits capillaires commerciaux peuvent renfermer du Mn (LeBlanc, 1999). Toutefois, comme quelques filles avaient des mèches décolorées, les prélèvements furent effectués sur des cheveux non teints ou non décolorés. Les échantillons furent prélevés à l'aide de ciseaux et de pinces puis brochés sur une feuille de papier millimétré au niveau de la zone de coupe et déposés dans un sac «ziplock».

S'ajoute à la procédure l'utilisation de gants (*Opex vinyle Polymère double sans poudre*) non prévu au protocole du CTQ.

Selon le CTQ, les échantillons furent déposés dans un bassin en téflon (Savillex #026R) aux fins de digestion en présence d'acide nitrique. L'opération s'est effectuée sous une hotte ventilée à 110°C pour une durée de 18 heures, les préparations furent par la suite diluées dans 10 ml d'eau désionisée.

Les analyses de Mn furent effectuées par spectrométrie de type ICP-MS (ICP-MS, Elan 6000, Perkin Elmer, Norwalk, CT). Ces dernières furent également produites à partir d'une méthode de calibration externe ainsi que d'une procédure Yttrium à titre de standard interne.

Le contrôle de qualité, comprend des analyses de calibration selon le National Institute of Standards and Technology Standards Reference Material (NIST-SRM) 1640 (trace elements in water) et une calibration de vérification sur une base continue, Certified Reference Materials (CRMs) GBW 09101 et GBW 07601 (Human Hair, Shangai Institute of Nuclear Research, Academia Sinica, China). Les résultats d'analyse se basent sur une moyenne de trois essais reproduits. La limite de détection du procédé est de 0,01 µg/g. Le coefficient de variation sur une période de 20 jours à une concentration de 2,6 µg/g était de 4,4%. Le CTQ retient comme niveau de limite supérieure, de la valeur normale, 3 µg/g (Miekeley, Dias et da Silveira, 1998).

3.2.9 Analyse des troubles comportementaux

Il est important de prendre en considération que la présente recherche ne visait pas à diagnostiquer le TDAH au sein de la population visée, mais se limitait à documenter les troubles comportementaux pouvant éventuellement y être associés par des tests CTRS-RT : S et CPRS-R : S (Conners, 1998; Conners, 2000; Cordes, 2004 et annexe 3). Le test de «Conners CPRS-R : S (version parentale brève)» (annexe 3) était rempli par un des parents. Lors de l'administration du test Conners aux parents, aucune intervention pouvant fausser les résultats ne fût effectuée, sauf pour demander aux parents de remplir le test au meilleur de leurs connaissances. Un test similaire (annexe 3) a été rempli par les enseignants participant à l'étude.

Le test en lui-même nous permet d'évaluer quatre aspects du comportement :

- Oppositionnel: qui se manifeste par un comportement antisocial, agressif, qui respecte difficilement l'autorité;
- Hyperactif: qui se manifeste par des difficultés d'accomplissement de tâches qui requièrent de l'attention, une difficulté à rester en place et à se concentrer;
- Cognitif: associé ou non à de l'inattention, qui se manifeste principalement par des difficultés d'apprentissage;
- Index TDAH: qui est en fait un index de synthèse établi à partir des précédents.

Nous avons aussi vérifié, à partir du questionnaire de base (annexe 4) les consultations et les diagnostics que l'enfant aurait pu recevoir de professionnels de la santé. La probabilité de $p < 0.05$ fut retenue aux fins d'analyses.

Une première analyse de régression simple en fonction de la covariation possible entre le sexe, l'âge ainsi que le revenu des participants puis par les scores-T fut d'abord effectuée par rapport aux tests Conners. Puis on fit des analyses des régressions multiples entre la variation du Mn présent dans les cheveux (MnC) et les scores-T obtenus.

3.2.10 Tests statistiques

La population se divise en deux groupes, le groupe majoritaire est desservi par le réservoir (P1) et l'autre par le puits (P2). Les enfants ont été attribués au P1 et P2 selon leur lieu de résidence en fonction des informations fournies par la municipalité.

Comme il existe une zone où les eaux en provenance des deux puits se mélangent, les quelques résidants dans cette situation furent considérés comme alimentés par le puits Granger (P2). Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide du logiciel SPSS v.13.0.

Pour les tests psychométriques, seulement 44 répondants ont pu être retenus. Nous avons dû écarter les cas d'enfants dont les enseignants n'avaient pas complété le test Conners correspondant, les enfants n'ayant pas voulu fournir de cheveux malgré l'obtention de questionnaires dûment complétés (tableau 6).

La modélisation par un Modèle Linéaire Général (GLM) a permis de tester les interactions possibles au niveau des scores-T avec le sexe, le MnC et l'âge. Des tests *chi2* ont été utilisés pour examiner la distribution des scores-T les plus élevés obtenue aux tests psychométriques, soit 65 et plus, ainsi que les plus hauts niveaux de concentration MnC ($\geq 3 \mu\text{g/g}$). Car, en ce qui a trait aux résultats Conners, un score-T de 65 et plus, est une valeur indiquant la présence de troubles pouvant être jugés significatifs (Conners *et al.*, 1998; Conners, 2000).

Une analyse à l'aide du logiciel SAS v.9.1 a été effectuée afin de vérifier les associations possibles entre la diète et la consommation d'eau par rapport à la présence de MnC en fonction des puits.

Ces analyses complémentaires avaient pour but de vérifier:

- Si le taux moyen de Mn variait selon les puits, le sexe et l'âge de l'enfant
- Si ce même taux variait selon la durée moyenne des douches selon les puits, le sexe et l'âge de l'enfant
- Finalement, si ce même taux variait selon la diète en fonction des puits, du sexe et de l'âge.

Dans cette dernière analyse, concernant la diète, certaines variables furent exclues comme la consommation des jus faits à partir de l'eau du réseau en fonction de la distribution des puits et du lait à base de soya qui pouvait fausser nos résultats. La question concernant la consommation de jus s'adressait seulement aux parents or comme plusieurs enfants participants à l'étude faisaient parti d'une même famille (nous avions seulement 30 familles participantes) nous ne pouvions donc départager le volume de jus fait à partir de l'eau du robinet qui était consommé entre les enfants d'une même famille. Bien que cette forme d'exposition puisse être considérée comme majeure, notre questionnaire ne pouvait établir de façon exacte la contribution, par enfant indépendamment de la fratrie, le volume consommé provenant de l'eau du robinet. L'analyse fut effectuée à partir d'un modèle contenant un minimum de variables explicatives les plus susceptibles d'être influencées par la présence de Mn. Pour l'analyse en régression simple, le but recherché ici visait les variables retenues présentant une *p*-valeur avec le test-T sur un coefficient inférieur à 0,40.

CHAPITRE IV

RÉSULTATS

4.1 Caractéristiques sociodémographiques et socioéconomiques des répondants

4.1.1 Description du nombre de répondants

Suite à l'envoi postal destiné aux parents de 175 étudiants fréquentant les écoles primaire et secondaire qui correspond au groupe d'âge visé par l'étude, nous avons constitué un groupe de 46 répondants en complétant la démarche par du porte-à-porte et des appels téléphoniques (tableau 6). Ce groupe était composé de 22 filles et de 24 garçons dont l'âge variait entre 6 et 15 ans, avec une moyenne de 11 ans ($\sigma=2,5$ ans). Aussi, les répondants retenus proviennent de 28 résidences constituées de familles ayant plus d'un enfant.

Plusieurs réponses négatives des parents nous révélaient que des élèves de niveau secondaire résidaient ailleurs que dans la communauté étudiée ou n'étaient pas desservis par l'actuel réseau d'aqueduc.

Le fait qu'une partie importante de cette population était tributaire de puits isolés a eu pour effet de réduire notre groupe d'étude, car les participants qui ne sont pas desservis par le réseau d'aqueduc, même s'ils fréquentaient les établissements scolaires, ont été exclus de la cohorte.

Aussi, concernant les candidats exclus, un a dû être retiré à cause de son âge, un autre n'a pas fourni de cheveux puis un parent s'est retiré en cours d'étude.

Tableau 6

Réponses des parents des enfants du groupe d'âge visé par l'étude

Nombre d'envois postaux	175
Nombre de porte-à-porte	+300
Répondants positifs	77
Répondants retenus	46

Nous avons effectué du porte-à-porte auprès d'environ 300 résidences de la municipalité, lesquelles sont branchées sur le réseau d'aqueduc municipal, afin d'augmenter le nombre de participants.

Par ailleurs, plus d'une vingtaine de parents desservis par le réseau d'aqueduc municipal avaient pris la décision de s'exclure de l'étude puisqu'ils étaient équipés de fontaines d'eau en bouteille. Cependant, la majorité d'entre eux ont pris soin de nous transmettre leurs coordonnées, ce qui nous a permis par la suite de les contacter par téléphone pour leur signifier que nous prenions en considération le fait que ceux-ci pouvaient quand même faire d'autres usages de l'eau du réseau municipal.

4.1.2 Aspects sociodémographiques et socioéconomiques

Selon l'Institut de la statistique du Québec, le revenu personnel disponible, indicateur le plus utilisé pour comparer le niveau de vie des populations du Québec, serait de 21 649 \$ en moyenne au Québec et le revenu personnel brut par habitant, de 29 499 \$, en 2005 (ISQ, 2005). Dans le cadre de notre étude, 74% des répondants avaient un revenu familial brut d'environ 40 000 \$ et plus, et seulement, 17% se situait entre 15 000\$ et 39 999 \$ et 6,5 % se trouvait entre 10 000 \$ et 15 000 \$ (un seul répondant s'est abstenu de nous transmettre cette information).

Toutefois, à titre de comparaison, dans la région de la Matawinie (MRC), le revenu disponible est de 17 972\$ comparativement au revenu brut par habitant qui se situe à 22 902 \$ pour une année donnée, soit 2005 ici (ISQ, 2005).

Ce sont les mères de famille qui ont répondu en plus grand nombre au questionnaire dans une proportion de 90%. Les familles répondantes étaient pour la plupart biparentales, 79% répondantes ayant indiqué qu'elles étaient mariées ou conjointes de fait.

Dans cette localité du Québec, la population est stable et relativement homogène. Il s'agit d'une population québécoise francophone qui compte fort peu d'immigrants et dont plus de 60% des parents ont résidé dans cette municipalité depuis 10 ans ou plus et que près de 80% des enfants fréquentent les écoles de la municipalité depuis au moins six ans (tableau 7).

Tableau 7

Temps de résidence (%) et scolarité (%) en nombre d'années selon les parents
répondants

ANNÉES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10+
Résident de la municipalité	0	0	19,1	8,45	6,4	2,1	4,2	0	0	59,5
Fréquentation des écoles locales	4,3	6,4	21,7	11	11	11	6,4	11	6,4	10,7
Scolarité de l'enfant	4,2	6,4	4,2	17,0	12,8	6,4	19,1	19,1	8,5	2,1

4.2 Résultats concernant les puits et la consommation d'eau

Près de la moitié de la population de cette municipalité, fut desservie pendant dix ans par l'un ou l'autre des puits. Ces données nous obligent à départager les répondants qui sont alimentés par le P1 soit 27 (60%), ceux exposés au mélange des P1 et P2 soit 6 (13%) du reste de la cohorte 12 (27%).

L'eau échantillonnée dans les abreuvoirs des écoles a permis de procéder 12 analyses en raison de trois échantillons par fontaine. Les résultats de ces différents échantillons sont exactement les mêmes, soit 190 µg/L pour chaque échantillon. Ce qui correspond à un secteur branché sur le P2 (annexe 5).

Également, des analyses (annexe 5 et tableau 8) de l'eau produite au niveau de cinq résidences réparties sur le territoire de la municipalité desservie par le système d'aqueduc municipal, nous donnent les résultats suivants :

Tableau 8

Analyse du niveau de Mn de l'eau de résidences privées.

Sites de prélèvement au niveau de 5 résidences	[Mn] en eau potable ($\sigma = 7,8 \mu\text{g/l}$)
Prélèvements en zone desservie par le P1	640 µg/l
	650 µg/l
Prélèvements en zone mixte P1 et P2	280 µg/l
Prélèvements en zone P2	170 µg/l

Bien qu'il ne s'agisse ici que de résultats limités par le nombre des échantillons, ces derniers correspondent au découpage du régime hydrique au sein de la municipalité desservie par le réseau.

Pour ce qui est du profil de consommation en eau, environ 90 % (tableau 9) des foyers utilisent majoritairement de l'eau embouteillée en vrac dans un récipient de 18,9 l qui s'adapte à des fontaines équipées d'un système de refroidissement. Notons que ce type de contenant est rendu disponible depuis 1972 par un fournisseur de marque Amaro (<http://www.amaro.ca>). Ce dernier monopolise le marché de la communauté à l'étude depuis le début des difficultés rencontrées par la municipalité avec le Mn en 1995.

Étant donné que la majorité des gens à l'étude consomment de l'eau embouteillée en vrac et que le seul fournisseur approvisionne la population dans une zone pouvant contenir du Mn, à cause du type de roche-mère, nous avons examiné le niveau de Mn dans cette eau embouteillée. Les étiquettes des eaux embouteillées ne donnent pas toujours une information exhaustive sur la composition réelle de leurs contenus en termes de minéraux (Bibeau, 1994; Sierra Legal Fund Defense, 2006). Nous avons utilisé la méthode «PAN» de sensibilité : 0-0,700 µg/l (Goto *et al.*, 1977; Watanabe, 1977) qu'utilise la municipalité, en plus des échantillons qu'elle fait analyser en laboratoire sur une base mensuelle. Les résultats des deux analyses d'eau embouteillée démontrent une présence détectable de Mn (22 µg/l et 32 µg/l) alors que le niveau de Mn n'est pas indiqué l'étiquette.

La majorité des enfants ne consomment, indépendamment des puits, qu'environ 10% d'eau du robinet, ce qui est comparable à la population des adultes interviewés (tableau 9). Au moment des entrevues, la majorité des enfants ont associé spontanément la consommation de l'eau des fontaines de l'école aux cours d'éducation physique.

Tableau 9

Questions adressées directement aux parents et aux enfants concernant le profil d'utilisation de l'eau au foyer et à l'école (N=46)

Profil de consommation d'eau potable (questions aux parents) en %	
Consommation de l'eau du robinet, au domicile, à tous les jours.	11%
Utilisation pour la cuisson (question demandée aux parents seulement)	96%
Utilisation pour la préparation de soupes	58%
Utilisation pour la préparation de jus	13%
Utilisation de douches par rapport aux bains	85%
Profil de consommation d'eau potable (questions aux enfants) en %	
Consommation de l'eau au domicile à tous les jours.	10,4%
Consommation d'eau commerciale à domicile à tous les jours	89,6%
Utilisation des abreuvoirs à l'école	92%
Utilisation de douches par rapport aux bains	85%

4.3 Niveau de Mn dans les cheveux (MnC)

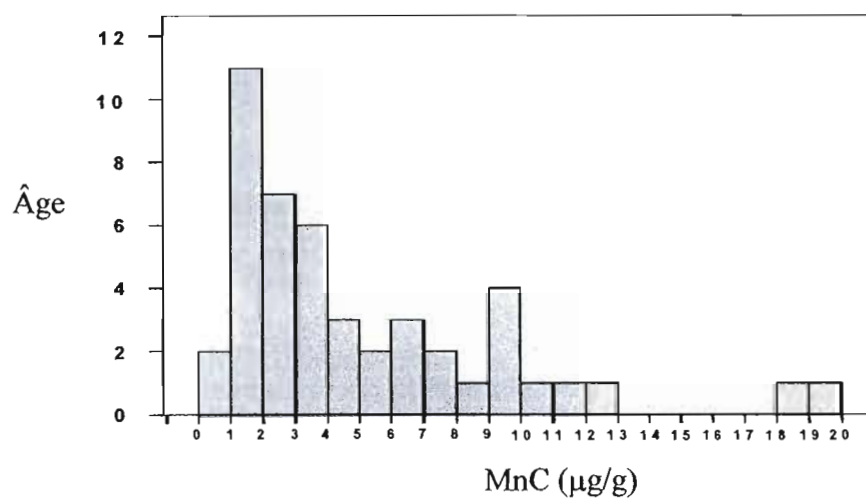
Les enfants présentaient un niveau moyen de MnC de 5,1 $\mu\text{g/g}$ ($\sigma = 4,3 \mu\text{g/g}$) soit un niveau supérieur à la norme maximale recommandée par le CTQ de 3,0 $\mu\text{g/g}$ (Figures 4 et 5). Aussi, 57 % des répondants alimentés par le P1 avaient un taux de MnC supérieur à 3,0 mg/g alors que le groupe alimenté par le P2 n'était que de 33% supérieur à cette norme et les taux correspondants étaient significativement différents (Fisher's Exact Test, $p=0,016$).

Les taux de MnC chez les filles étaient significativement supérieurs à ceux des garçons soit 6,3 $\mu\text{g/g}$ par rapport à 3,9 $\mu\text{g/g}$ pour les garçons ($p<0,01$). Également, le modèle de régression multiple indique un écart nettement significatif concernant le MnC en fonction du sexe ($p=0,012$), les filles présentant un niveau plus élevé que les garçons. Cette différence de résultats entre les sexes met en évidence une différence de métabolisme. Nous notons également des différences significatives en fonction de l'âge ($p=0,014$) ainsi qu'en fonction de la provenance de l'eau selon les puits ($p=0,019$) qui expliquerait à elle seule 30% des variances.

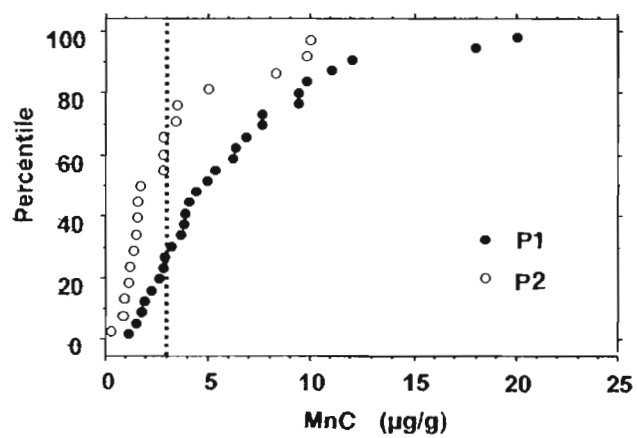
Par ailleurs, avec un test F ($p=0,40$) au niveau de la comparaison des modèles, on ne peut prétendre que la prise de douches puisse avoir un effet sur le MnC, du moins à partir de ces résultats auprès d'une aussi faible cohorte.

Figure 4

Distribution de gradients de MnC ($\mu\text{g/g}$) au niveau des enfants, selon l'âge des participants soit 4 à 5 ans, provenant de la population étudiée

**Figure 5**

Profil de MnC (%) selon les puits



4.4 Résultats concernant la diète

L'enquête a également porté sur le profil de diète alimentaire. Les résultats nous ont permis de constater qu'environ 75% des enfants consomment de la viande sur une base journalière et 25% seulement quelques fois par semaine alors qu'aucun enfant ne consomme des légumes verts tous les jours et que 47% en mange quelques fois par semaine. Ces données indiquent donc que la diète de ces enfants, assez pauvre en légumes verts et en noix, ne risque guère d'être une source importante en Mn tiré de ces aliments riches en Mn (tableau 10). Quant au lait maternisé à base de soya, riche en Mn, il n'est consommé que par 2 enfants présentant une intolérance au lactose soit 4% des répondants.

Tableau 10

Profil de consommation d'aliments (%) pour N=46

Aliments	Jamais	À l'occasion	Quelques fois par mois	Quelques fois par semaine	Tous les jours
Céréales	2,17	4,35	26,09	52,17	15,22
Riz brun	71,74	26,09	2,17	0	0
Bananes	6,52	21,74	23,91	45,65	2,17
Fruits en conserve	15,22	32,61	13,04	30,43	8,70
Grains entiers (blé, avoine, orge, etc., dans les soupes, pain et muffins)	2,17	15,22	26,09	41,30	15,22
Graines (sésame, tournesol, etc.)	32,61	23,91	23,91	19,57	0
Noix, arachides, cachous, etc.	4,35	21,74	23,91	39,13	10,87
Légumes verts (laitue, épinard, brocoli, etc.)	6,52	2,17	43,48	47,83	0
Viandes	0	0	0	26,09	73,91
Œufs	2,17	6,52	10,87	76,09	4,35
Produits laitiers	0	0	0	2,17	97,83

La modélisation sur SAS v.9.1 fut effectuée en écartant certaines variables qui ne présentaient pas d'incidences pouvant être jugées significatives sur les résultats. Celles-ci étant la consommation de lait et de lait de soya, l'eau consommée à domicile ainsi que la consommation de jus. Comme la consommation de lait était essentiellement commune sur une base journalière et qu'à l'opposé, celle du lait de soya ainsi que de l'eau provenant directement du réseau municipal était négligeable nous pouvions écarter ces composantes. C'était également le cas de la consommation des boissons gazeuses.

Nous ne pouvons toutefois établir de liens entre la diète et la présence du MnC en fonction des puits, suite aux modélisations par le logiciel SAS v.9.1 et au profil de la diète en particulier. Plus précisément, nous ne pouvons ni admettre ni exclure le facteur Mn en provenance des puits sur la nourriture compte tenu d'un faible échantillonnage, de l'absence de groupe témoin et d'un questionnaire qui aurait mérité d'être davantage affiné. Malgré ces limites, nos données ne permettent pas d'exclure le profil alimentaire comme source de Mn, et il en est de même en ce qui concerne les douches ($p=0,40$ test F).

Lorsqu'on prend en compte l'approvisionnement en eau selon les puits ainsi que selon l'âge, le sexe et la diète (i.e. la composition en aliment pouvant contribuer de façon significative en Mn lors de la consommation quotidienne) nos résultats ne semblent pas pouvoir justifier que la diète soit liée à quantité de MnC.

Si l'on s'appuie strictement sur le questionnaire portant sur le volet de la diète, les résultats ne sont pas significatifs en considérant la faiblesse de l'échantillonnage en termes de participants. À titre d'exemple, la modélisation nous donne des résultats de $p=0,34$ pour le riz brun, $p=0,19$ pour les bananes, $p=0,06$ pour les fruits en conserve, $p=0,18$ pour les grains entiers et $p=0,25$ pour les noix, avec un $p=0,94$ au niveau du test F de comparaison de modèle.

4.5 Niveau de Mn et résultats aux tests comportementaux (CTRS-R)

Selon les réponses des parents, seulement 21% des enfants ont été diagnostiqués avec des troubles de TDAH, bien que 18% d'entre eux aient déjà été en consultation auprès des services locaux en milieu scolaire (tableau 11).

Tableau 11
Troubles de comportement (%)

	Oui	Non
Troubles de comportement (selon les parents)	21	79
Consultation(s)	18	82
Diagnostic(s)	4	96

Aucun de ces jeunes n'était sous médication. Toutefois, les scores sur le CPRS-R des parents qui ont déclaré que leurs enfants présentaient des troubles de comportements étaient significativement plus élevés que ceux des parents qui rapportaient que leurs enfants ne présentaient pas de tels problèmes, pour les échelles : oppositionnelle ($p=0,014$), d'hyperactivité ($p=0,006$) et l'index TDAH ($p<0,000$) et voir respectivement les figures 6, 7, 8 et 9.

Tableau 12

Analyse de régression concernant la réponse des enseignants excluant les parents (modélisé avec ou sans covariables; p d'entrée 0,1, p en retrait 0,2) et les résultats à partir de p^* et p^{**} correspondants aux plus significatifs pour un score-T aux tests Conners ≥ 65 (N = 45)

	Avec covariables		Sans covariables		
	MnC	R ²	MnC	Covariables modélisées	Modèle R ²
Oppositionnelle	0,424 $p =$ 0,004**	0,180	0,408 $p =$ 0,005	intrants ($p = 0,2$)	0,216
Hyperactif	0,496 $p =$ 0,001**	0,247	0,461 $p =$ 0,002	sexe ($p = 0,15$) âge ($p = 0,14$) revenu ($p < 0,05$)	0,407
Cognitif	0,211 $p = 0,163$	0,045	0,157 $p =$ 0,16	revenu ($p = 0,001$)	0,286
Index DAAH	0,294 $p = 0,05^*$	0,086	0,159 $p =$ 0,16	âge ($p < 0,05$) revenu ($p = 0,001$)	0,351

Source: Bouchard *et al.*, 2007.

Tableau 13

T-scores à partir des tests CTRS-R. Niveau des T-scores (≥ 65) à partir des tests CTRS-R en formule brève, selon un gradient de concentration en MnC(\leq 3 g/g¹)

N = 45

CTRS-R sous- échelle (T-score)	MnC ($\mu\text{g/g}$)		Test Fisher (p)
	< 3	> 3	
Oppositionnel	< 64	19	18
	≥ 65	0	8
Hyperactif	< 64	19	17
	≥ 65	0	9
Cognitif	< 64	14	22
	≥ 65	5	4
Index	< 64	17	15
	≥ 65	2	11

¹Prélèvement sur les 2 cm à partir du cuir chevelu à l'arrière de la tête.

Source : Bouchard *et al.*, 2007.

Résultats des tests : «CTRS-S» en version brève des enseignants et scores-T selon le degré de MnC ($\mu\text{g/g}$) pour quatre échelles (N = 45) (Bouchard *et al.*, 2007)

Figure 6

Résultats Connors pour l'échelle oppositionnelle

$$(R^2 = 0.18, y = 46.9 + 1.31 * \text{MnC}, p = 0.004)$$

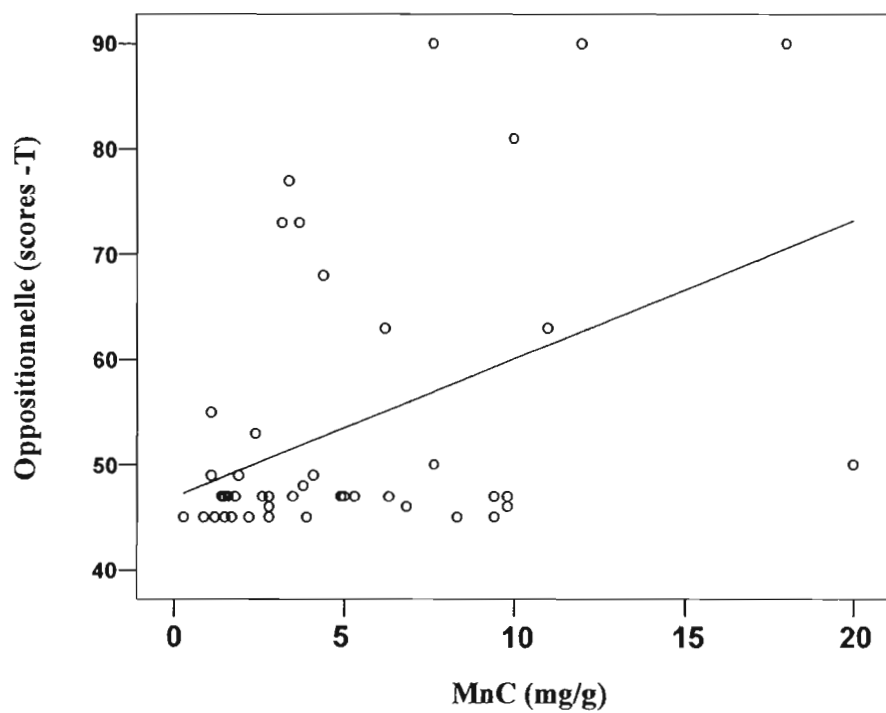


Figure 7

Résultats Connors pour l'échelle d'hyperactivité

($R^2 = 0.25$, $y = 46.5 + 1.57 \cdot \text{MnC}$, $p = 0.001$)

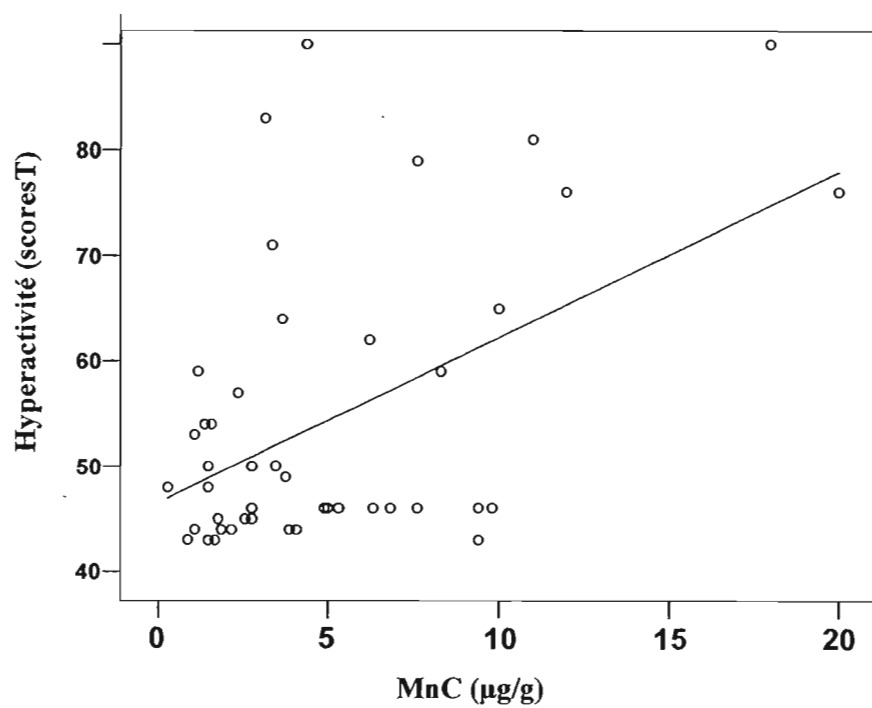


Figure 8

Résultats Conners pour l'échelle cognitive

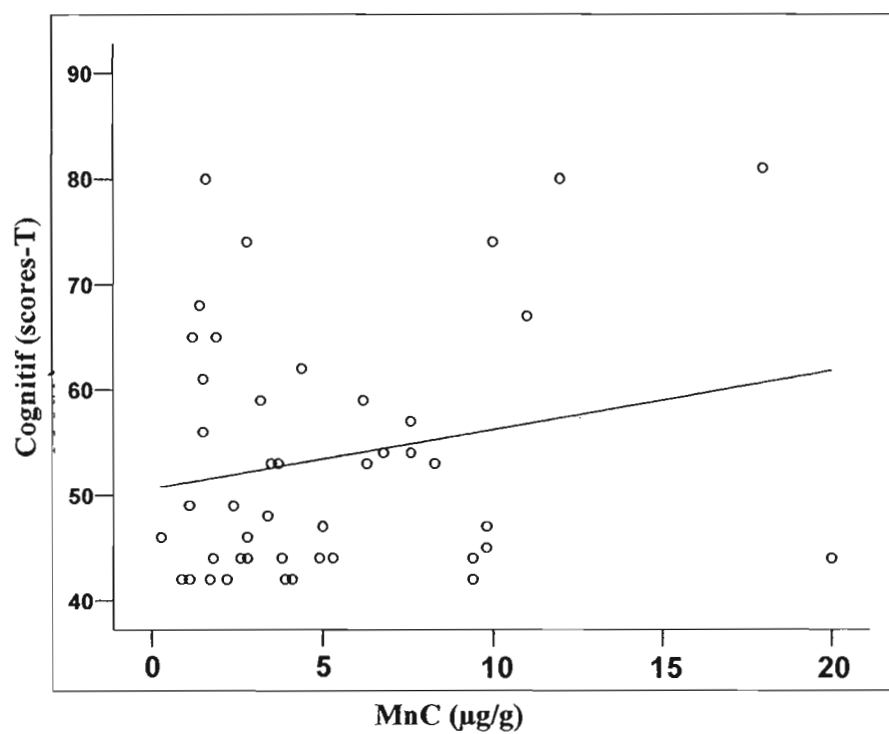
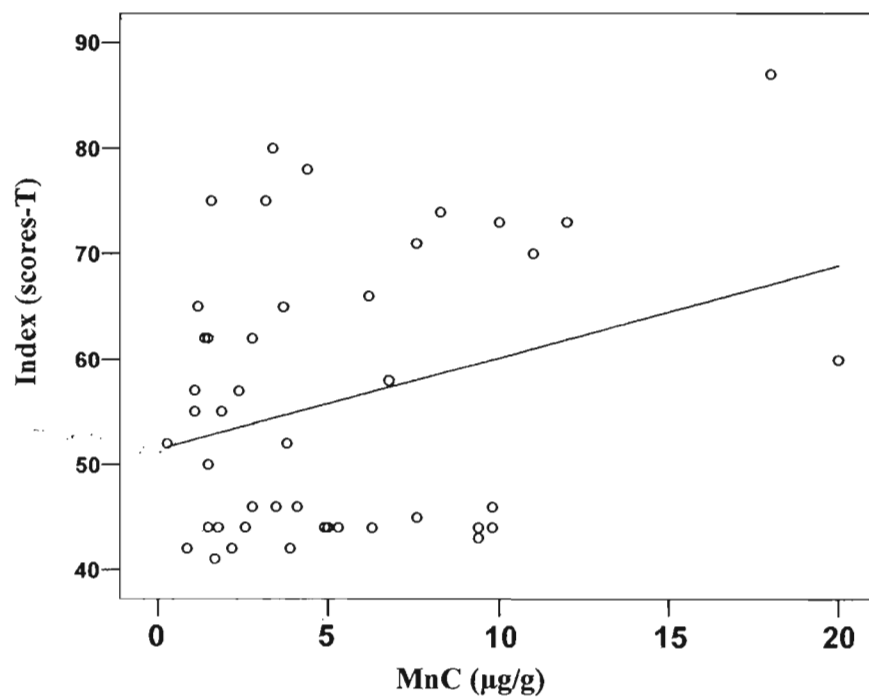
 $(R^2 = 0.05, y = 50.6 + 0.6 * \text{MnC}, p = 0.163)$ 

Figure 9
Résultats de l'index Conners
($R^2 = 0.09$, $y = 51.4 + 0.87 \cdot \text{MnC}$, $p = 0.05$)



Dans les tests Conners, les questionnaires remplis par les enseignants nous ont donné les résultats les plus significatifs. Ceux qui ont été remplis par les parents se sont avérés non reliés à la présence du Mn. Les taux de MnC des enfants de l'étude ne correspondaient pas aux troubles de comportement tels que rapportés par les parents de ces enfants ($3,4 \pm 2,2 \mu\text{g/g}$ vs $3,0 \mu\text{g/g}$). (voir pour les tests Conners les figures 6, 7, 8 et 9 ainsi que les tableaux 11, 12 et 13)

Pour les évaluations faites par les enseignants, plus la présence de MnC chez les enfants augmentait, plus les résultats de score Oppositionnel ($p=0,005$) de troubles associés à l'Hyperactivité ($p=0,001$) du CTRS-R augmentaient et cela, de façon significative. De même, la relation entre MnC et les deux autres échelles d'évaluation CTRS-R sont proches de niveaux significatifs (Cognitifs/Inattention ($p=0,085$) et le TDAH Index ($p=0,062$)).

Les analyses de régressions multiples à partir de la sous-échelle du Conners Rating Scale CPRS-R montrent que seulement les enfants des familles à faibles revenus étaient associés à des troubles cognitifs ou d'inattention, mais aucune relation n'était établie de façon significative entre les revenus et le niveau de MnC. Par contre, des analyses identiques permettent d'établir une relation entre les niveaux de MnC, des troubles oppositionnels et ceux associés à l'Hyperactivité ainsi que la relation entre l'âge, le revenu et les troubles cognitifs et/ou d'inattention demeuraient significatives. Considérant l'âge, les plus jeunes ont davantage de scores élevés selon le CTRS-R test-T à la sous-échelle d'Hyperactivité (GLM : $p<0.05$).

D'après les résultats concernant les sous-échelles CTRS-R pour les T-scores avec une valeur seuil de ≥ 65 tel que recommandé par les auteurs (Conners, 2000), ainsi qu'une valeur anormalement élevée à partir de $3,0 \mu\text{g/g}$ pour le MnC, nous avons obtenu des résultats significatifs chez les enfants avec ≥ 65 et présentant plus de $3,0 \mu\text{g/g}$ MnC.

L'aspect cognitif/inattention n'était pas significatif avec un groupe aussi restreint dont respectivement 5 sujets à $< 3,0 \mu\text{g/g}$ et 4 sujets avec $> 3,0 \mu\text{g/g}$ qui cotaient au-dessus de 65 aux tests Conners. Toutefois, l'ensemble des résultats viennent souligner le lien possible entre la présence du Mn dans l'eau et des troubles de comportement.

Au niveau des sous-échelles CPRS-R (Oppositionnel et Hyperactivité) et CTRS (tous symptômes excluant l'Hyperactivité), une analyse de régression simple nous indique que les revenus élevés sont associés à des scores plus faibles. (Bouchard *et al.*, 2007).

CHAPITRE V

DISCUSSION

5.1 En ce qui a trait à l'aspect social

Cette étude nous a permis de mettre en évidence le fait que, dans le cadre de ce projet pilote, l'excès de Mn provenant de l'eau potable, selon la norme d'ordre esthétique actuellement en vigueur, pouvait avoir des effets sur le comportement des enfants. La présence du Mn dans l'eau destinée à la consommation n'explique pas à elle seule les TDAH, mais peut contribuer à cette symptomatologie. Concernant les enfants chez lesquels on observe une forte concentration de MnC, ceci est possiblement associé avec des troubles de comportements et il est possible que cette exposition au Mn ait entraîné, pour les familles, des coûts directs et indirects en termes de suivis médicaux, psychologiques et autres.

Les spécialistes étant souvent localisés en dehors des petites communautés ce qui augmente les frais et les temps de déplacement, nous pouvons raisonnablement penser que les effets directs et indirects, occasionnés par les troubles d'apprentissages sur la qualité de vie des enfants et des parents, ne sont pas sans conséquence sur l'équilibre de la vie familiale.

Par ailleurs, au cours des quatre dernières années, la population étudiante de l'école secondaire participante, a déjà fait l'objet d'une étude interne de caractérisation produite par la Commission scolaire des Samares, pour évaluer les taux de décrochage scolaire en comparaison aux données provinciales. Le décile 10 fut attribué en 2005 à l'école secondaire. Selon la direction, ce taux correspond au plus haut taux provincial de décrochage scolaire (annexe 2).

Rôle du ministère de l'environnement

Rappelons que le ministère responsable des questions d'environnement, au Québec, a connu plusieurs ministres lors de notre période d'étude. Ceci a pu avoir un impact sur les ressources initialement offertes par ce dernier en termes d'expertise, de financement et de stabilité administrative pour l'ensemble des acteurs appelés à solliciter des ressources auprès de ce dernier. À titre d'exemple, le gouvernement ne finance plus les analyses bactériologiques de base et celles des nitrates bien que les institutions financières les rendent actuellement conditionnelles à toutes transactions immobilières impliquant une négociation d'hypothèque (SCHL, 2007). Cela est pourtant contraire aux initiatives et recommandations contenues dans la politique du Plan national de l'eau (PNE) suite aux recommandations du BAPE en 2000.

Il est vrai qu'il n'y a pas d'inventaire des eaux souterraines au Québec. Or, les eaux souterraines sont particulièrement vulnérables compte tenu de leur caractère confiné, ce qui les rend même difficilement récupérables pour ses usages courants à la suite de certaines contaminations qui peuvent avoir un caractère irréversible. Ceci pouvant avoir pour conséquences des effets ou des conséquences d'un point de vue neurologique lorsque cette eau se destine à la consommation (Castany, 1998).

En France, on a dressé des «cartes de la vulnérabilité» des eaux souterraines susceptibles d'être contaminées (Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Secrétariat d'État à l'Industrie, 1999). Cependant, c'est généralement la crainte d'une contamination d'origine microbienne qui favorise ce genre d'initiative, alors que les craintes de contaminations minérales d'origine naturelle ne semblent guère prioritaires, sauf pour de rares exceptions.

Autres conséquences dues à la présence du Mn dans la vie quotidienne sur une base individuelle ou familiale et communautaire

Comme nous l'avons mentionné précédemment, des niveaux élevés de Mn dans l'eau, peuvent avoir également un impact sur les réseaux d'approvisionnement en incrustant ces derniers de dépôts noirs constitués de précipités de sels de Mn.

Ajoutons que des avis d'ébullition voire de contamination ont possiblement un impact ponctuel plus important auprès des populations concernées que la minéralisation plus lente et aux effets moins perceptibles, à moyen et long terme, sur les réseaux d'aqueducs. Toutefois, selon les commentaires et les plaintes des citoyens que nous avons pu consulter auprès de la municipalité ainsi que selon les commentaires des résidents recueillis lors des entrevues, la présence du Mn dans l'eau utilisée lors des lavages de vêtements, et de serviettes, ou suite au lavage de la vaisselle particulièrement au lave-vaisselle, tache de façon permanente. Si l'on ajoute à cela les coûts occasionnés par la détérioration prématurée d'électroménagers, l'on peut se demander ce qu'il en est des impacts insoupçonnés jusqu'à maintenant ?

Certains auteurs, montrant que la présence du Mn dans l'environnement a des effets économiques non négligeables liées aux activités industrielles (Weiss, 2006). D'autres soulignent également certains impacts en termes de santé publique (Ostiguy *et al.*, 2005)

Au plan culturel et socio-économique, il est difficile de ne pas remarquer à quel point la contamination de l'eau au Mn de la municipalité à l'étude a littéralement modifié la relation des résidents à l'eau potable. Par exemple, 90% des résidents que nous avons sondés, achètent régulièrement depuis 1996 de l'eau en bidons consignables de 18,9 litres.

Or, on peut s'interroger sur la salubrité de cette pratique. Autre exemple, la grande majorité des enfants (85 %), tous âges confondus, ne prennent que des douches. Quant à la salubrité relative à l'utilisation des fontaines d'eau à domicile, on peut s'interroger sur ce qu'il advient quand des contenants sont ouverts pendant plusieurs jours ou ne sont pas utilisés sur une longue période de temps, surtout lorsqu'ils constituent la principale source d'eau potable destinée à la consommation au sein de cette communauté. Dans ce même ordre d'idée, la réutilisation de bouteilles en plastique de plus faible volume, ne se prête pas nécessairement à plus d'un usage et leur manipulation en termes de salubrité n'est pas sans risque en particulier chez les enfants.

Dans ce contexte, on comprendra que certains résidents s'approvisionnent à même des sources en milieu naturel local, en invoquant que c'est « bon de l'eau de source parce que c'est naturel » comme l'a souligné un répondant lors d'une entrevue.

D'ailleurs, un autre répondant qui avait acquis une fontaine réfrigérante, réutilisait le contenant du fournisseur pour aller s'approvisionner en eau de source au lieu de changer son contenant à l'épicerie afin d'économiser sur les coûts. De plus, ces eaux de sources ne font l'objet d'aucun contrôle par les autorités sanitaires, exposant ces consommateurs à des risques de contamination d'origine bactérienne, voire parasitaire et virale.

Si on prend en considération la popularité grandissante de la consommation de l'eau en bouteille (*voir* appendices et MDDEP, 2006), on peut se demander, si avec les travaux entrepris par la municipalité pour réduire les concentrations en Mn cette population utilisera à nouveau l'eau du robinet, tant pour boire que pour préparer la nourriture ou si cette dernière restera attachée à l'eau embouteillée, dont les coûts sont non négligeables.

Certains répondants avaient également une fontaine équipée pour réfrigérer l'eau et fournir une eau chaude. Ce genre d'équipement, dans l'ensemble, est de nature à favoriser une clientèle captive, liée par des contrats de service. En outre, la confiance à l'eau traitée par la municipalité demeure fragilisée même si le nouveau traitement s'avère efficace.

L'emprise du secteur privé dans le commerce de l'eau destinée à la consommation et dans le traitement de cette dernière peut entraîner des coûts importants et avoir des conséquences fâcheuses sur les budgets des résidents concernés. Par exemple, la vente de systèmes de traitement de l'eau utilisés à domicile, avec des options comme l'installation d'adoucisseurs d'eau est une mesure pourtant injustifiée dans cette communauté selon les résultats d'analyses du MDDEP (annexe 6). Ce qui amène des coûts d'installation et d'entretien auxquels s'ajoutera bientôt une nouvelle tarification pour financer les nouvelles installations de l'aqueduc municipal.

À l'échelle municipale

Depuis juillet 2006, soit après la fin de notre collecte de données, la municipalité filtre le Mn et le Fe par un traitement au «sable-vert».

Suite à l'installation du nouveau système de filtration, les concentrations de Mn ne dépassaient pas 20 µg/l à 30 µg/l sur l'ensemble du territoire qu'elle desservait mais à l'été 2007 les niveaux sont remontés entre 100 et 200 µg/l suite à une information provenant de la technicienne responsable de la gestion du réseau. D'autres systèmes de traitement, comme par l'ozonation, afin de réduire les sels de Mn, sont envisageable mais le facteur coût devient problématique, surtout pour des municipalités qui viennent tout juste de faire des investissements en ce sens.

Les coûts d'installation du traitement au «sable-vert» à l'aqueduc municipal s'élèvent à 1,8 million de dollars pour les 2 500 résidents alors qu'essentiellement 1 800 d'entre eux vont bénéficier du réseau puisque les autres sont approvisionnés à partir de puits privés selon les informations de la municipalité. Il faut noter que selon les informations de la municipalité, celles qui doivent corriger les problèmes reliés aux avis d'ébullition pourraient en profiter pour se munir d'un tel type de traitement.

Généralement, le gouvernement participe au plan financier à la mise au niveau des réseaux d'eau potable par divers programmes, comme nous l'avons mentionné précédemment. L'avis transmis par le ministère de l'Environnement, en l'an 2000, aux municipalités visées par de trop nombreux avis d'ébullition a incité certaines à dégager un budget global pouvant inclure en partie le traitement visant à réduire la présence de minéraux de leurs eaux destinées à la consommation.

La mise en place de différents programmes d'aide aux municipalités aux prises avec de tels problèmes fort complexes, peuvent s'étaler sur plusieurs années. Ces délais viennent alors en compliquer les mécanismes d'appels d'offres auprès des firmes de consultants jusqu'à la résolution des problèmes.

En fait, la multiplication des programmes et des intervenants de diverses horizons viennent complexifier la résolution de problématiques reliées à l'eau potable, en particulier au niveau des petites communautés. S'ajoute à cela, surtout au niveau des petites communautés rurales, l'inexpérience des élus municipaux aux prises avec ces nouvelles problématiques ce qui peut complexifier davantage la gestion de ce type de situation faute d'encadrement adéquat.

Au plan de la fiscalité, il est souvent difficile d'évaluer le coût réel attribuable uniquement au traitement de l'eau sur les comptes de taxe de l'ensemble des résidents utilisateurs ou non du réseau.

Ce qui soulève ainsi des questions concernant la vision du bien commun pouvant se rattacher à la gestion de l'eau. Faut-il taxer seulement les bénéficiaires d'un tel réseau municipal ou l'ensemble de la population d'une communauté donnée ?

Selon, les gestionnaires de la municipalité à l'étude, en zone rurale, les municipalités peuvent répartir l'amortissement des coûts de traitement sur l'ensemble de leurs résidents et non uniquement à ceux qui sont raccordés sur leurs réseaux. Nombre de petites localités se composent de gens qui ne sont pas tous desservis par leurs réseaux municipaux.

On peut, par ailleurs, se demander s'il ne serait pas opportun que les puits privés soient soumis à une surveillance plus stricte. Les municipalités pourraient éventuellement offrir ce genre de service à leurs citoyens, ce qui serait cohérent avec l'application du principe de précaution (Castany, 1998) dans le cas présent.

5.2 Le Mn dans l'eau et les troubles de comportements

Peu de publications ont établi des liens entre les troubles de comportements des adultes ou des enfants pouvant être reliés à la présence du Mn dans l'eau destinée à la consommation.

Selon une étude épidémiologique menée par Breton *et al.*, (1999) et une autre menée par le GRISE (Toupin *et al.*, 1998), les garçons sont en général plus vulnérables et présentent plus de caractéristiques comportementales associées au TDAH. La symptomatologie associée au TDAH est plus marquée chez les enfants plus jeunes qui fréquentent le niveau primaire (Cordes et McLaughlin, 2004) ce qui tendrait suite à des observations faites au niveau secondaire à s'estomper avec l'âge (Breton *et al.*, 1999).

Dans notre étude, la présence de MnC plus importante chez les filles, pouvant impliquer un profil métabolique du Mn présentant des différences par rapport aux garçons, peut expliquer en partie les résultats que nous avons obtenus aux tests Conners.

Par ailleurs, dans le cadre d'une étude avec un échantillonnage plus important, il faudrait soulever la question relative à la réversibilité des manifestations associées au TDAH lors d'une cessation à l'exposition au Mn.

S'il s'avère que la présence du Mn a pu contribuer au TDAH, et même s'il y a réversibilité des symptômes suite au retrait du Mn dans l'eau, cela peut avoir néanmoins contribué à amplifier les conséquences attribuables aux développements de troubles comportementaux, ce qui mériterait d'être pris en compte lors d'études ultérieures.

À la lumière de nos résultats, nous espérons susciter l'attention des autorités et du public afin de favoriser des travaux de recherche complémentaires permettant de documenter adéquatement l'état de la question et d'améliorer la connaissance des eaux souterraines dans une perspective de protection de la santé des populations.

5.3 Mise en place du traitement au sable-vert

Depuis la mise en place du nouveau système de filtration, la quantité de Mn présent en amont, à partir des puits, est presque indétectable selon les données de la municipalité. Par contre, le réseau n'étant pas bouclé, nombre de résidences se retrouve en zone où l'eau est en bout de réseau avec une pression plus faible et plus de stagnation peut favoriser l'accumulation et l'incrustation du Mn dans le réseau d'aqueduc venant ainsi diminuer l'efficacité du traitement.

La municipalité a d'ailleurs pris en compte cette donnée et prévoit donc boucler le réseau, une mesure qui mérite d'être prise en considération dans d'autres cas similaires de municipalités aux prises avec ce type de problème.

Faut-il souligner que selon le US EPA (2004) à partir de 20 µg/l le Mn commence à se déposer au niveau des systèmes d'aqueduc et, comme nous l'avons déjà souligné, peut favoriser le développement de bactéries et contribuer ainsi à des problèmes de contamination d'origine bactérienne. Les interactions entre les bactéries et les minéraux, notamment le Mn, sont complexes et non négligeables (Banton et Bangoy, 1997)

5.4 Analyses et prélèvements de cheveux

Les prélèvements de cheveux peuvent s'avérer un moyen d'évaluation du degré d'exposition peu coûteux et moins invasif qu'une prise de sang surtout lorsqu'on cible des enfants, la prise de sang pouvant réduire le nombre de répondants.

Ce choix se justifiait également par une contrainte de temps puisque, dès la mise en place du nouveau traitement de l'eau potable au sein de cette communauté, nous perdions alors la validité de notre échantillonnage affecté ainsi par la variation du degré d'exposition au Mn.

Il faut cependant noter que cette forme d'analyse a fait l'objet de controverses au cours des dernières années, en raison d'une trop grande variation entre les résultats par rapport aux analyses de sang par exemple (Lekouch, 1985; Manson *et al.*, 1985; Bader *et al.*, 1999). Certains auteurs demeurent fort critiques surtout en ce qui a trait aux méthodes d'analyses utilisées et à l'absence de standard dans l'interprétation des résultats (Steindel et Howanitz, 2001; Watts, 2001).

Quant à la valeur de référence concernant le MnC retenue pour notre étude, il s'agit d'une valeur de référence établie par le CTQ de 0-3,0 µg/g. Le CTQ s'appuyant sur des valeurs de 0,26-0,75 µg/g (Miekeley, 1998) et principalement celle d'une étude épidémiologique (Rodushkin, 2000) effectuée en Suède qui recommande une valeur de référence entre 0,080-2,41 µg/g (médiane de 0,35 µg/g).

Finalement, nos résultats font ressortir une différence significative entre les garçons et les filles ce qui confirme un métabolisme différent entre les sexes, tout en présentant une moyenne générale élevée. De nouvelles analyses de cheveux, après la mise en place du nouveau traitement, devraient permettre théoriquement de constater une diminution de la concentration du MnC.

5.5 À propos de la diète

L'apport quotidien en Mn provenant de l'alimentation bien qu'important, n'est pas ici le seul facteur étant donné la contribution de l'eau potable, qui peut avoir un impact important lorsque les concentrations observées deviennent élevées (Loranger *et al.*, 1994).

Une étude réalisée au Bangladesh (Wasserman *et al.*, 2006), qui n'a pas pris en compte la diète des enfants, a trouvé une relation avec le Mn présent dans l'eau potable et un retard neurodéveloppemental.

Bien que nous ne puissions conclure à partir de la diète, le rôle qu'a pu jouer le Mn dans l'eau, notre enquête montre que cette communauté à l'étude a un régime riche en viande et plutôt pauvre en légumes, légumineuses et fruits.

Étant donné que la source principale d'apport en Mn semble provenir, selon les répondants, de l'eau de cuisson, il faudrait, par exemple, regarder de façon plus précise l'importance de l'utilisation des pâtes, du riz et des pommes de terres, autant d'aliments qui, absorbant l'eau de cuisson, peuvent contribuer indirectement à l'apport en Mn en provenance de cette l'eau. D'autant plus que la consommation quotidienne de l'eau bue provenant directement du réseau d'aqueduc municipal varie autour de 10 % auprès de nos répondants. Un questionnaire concernant la diète devrait probablement insister davantage la consommation d'eau liée aux aliments préparés avec de l'eau de cuissons pouvant avoir différentes concentrations en Mn. Aussi, la modification du profil de consommation de l'eau potable semble avoir évolué au cours des récentes années (Hudon, 1991; Levallois, 1998), ce qui oblige à une prise en compte de ce facteur dans le cadre d'une telle recherche.

La consommation de boissons gazeuses pouvant diminuer la concentration de Mn dans l'organisme (Lajeunesse, 2000), cet élément fut également pris en compte en interrogeant directement l'enfant. Pour avoir une idée du volume de consommation, par association et visualisation sur une base journalière, nous avons utilisé divers contenants commerciaux de boissons gazeuses, jus, etc. Concernant la préparation de jus fait à partir de concentré, la fratrie était si importante au sein de notre cohorte qu'il est difficile de départager quel enfant d'une même famille consomme plus de jus que son frère ou sa sœur, à partir de notre questionnaire. Il faut noter ici que la consommation de jus ou de boissons non gazeuses de préparation commerciale, est très populaire auprès des enfants. Ceci interfère avec la consommation de boissons gazeuses mais son ampleur ayant été sous-estimée, ce facteur n'a pu être pris en compte au niveau des résultats du questionnaire.

Nous avons également tenu compte de la consommation de lait maternisé, certaines préparations à base de soya s'étant montrées relativement riches en Mn (Collipp, Chen et Maitinsky, 1983).

Cependant, seuls deux enfants d'une même fratrie présentaient une intolérance au lactose et ont consommé du lait maternisé à base de soya. L'impact est donc négligeable au niveau des résultats en rapport avec cette variable. Quant à l'incidence potentielle des vitamines, comme la période d'échantillonnage s'est faite tôt à l'automne, nous n'avons pas pris en compte ce facteur puisque les vitamines sont surtout consommées en hiver.

Comme semble l'indiquer nos résultats, l'apport en Mn pouvant provenir d'une diète riche en Mn peut être écarté. Toutefois, nos résultats demeurent limités tant par la faiblesse de notre échantillon que par le type de questions constituant notre questionnaire pour une cohorte aussi faible.

5.6 Autres sources probables d'exposition au Mn (MMT)

Bien qu'il y ait une corrélation entre la présence du Mn dans l'eau et celle que l'on retrouve dans les cheveux, il est possible que d'autres apports en Mn, que ceux en provenance de l'eau aient contribué à la présence de troubles comportementaux qui échappent aux analyses de cheveux que nous avons effectuées. En effet, cette communauté connaît depuis nombre d'années une intense activité en véhicules hors route (VHR) qui est bien documentée tant au plan régional que provincial (MTQ, 2005). Ce genre d'activité utilisait principalement de l'essence à base de MMT en particulier pour les motocross, les motoneiges et autres VHR. Il s'agit d'un pôle touristique majeur pour ce type d'activité et l'utilisation de VHR fait partie en quelque sorte de la culture locale. La municipalité est sillonnée de façon intensive par des VHR sur plus de 18 heures par jour, même la nuit, tous les jours de l'année.

Au point où la municipalité a dû intervenir par voie de règlement, en 2005, de façon à concentrer ce type d'activités, toujours au cœur du village mais sur certains axes routiers majeurs bien définis.

Les utilisateurs profitaient ici de l'effet de proximité de stations-service, de services d'hébergement et de débits d'alcools. Ajoutons que le centre de la municipalité est situé dans une zone de basse altitude au fond d'une vallée ce qui occasionne des effets d'inversion. Cet effet météorologique a pour conséquence de garder en basse altitude les poussières de combustion de l'usine forestière locale ainsi que les activités de camionnages qui s'y rattachent. Cette situation a déjà fait l'objet de plaintes auprès de la DSP-Joliette et se constate aisément surtout l'hiver. Il est possible que les inversions aient pu amplifier également la présence et l'exposition aux vapeurs d'essence. Il faut souligner que, sauf pour les modèles plus récents de VTT, les motocross ainsi que les motoneiges sont pour la plupart équipés d'un moteur à deux temps, plus polluants que les moteurs à quatre-temps plus récents qui ne nécessitent pas de MMT (MTQ, 2005). Bien que le MMT n'est pratiquement plus utilisé comme additif depuis 2004, les enfants à l'étude qui habitaient ce village depuis près de dix ans furent exposés sur une assez longue période au Mn provenant de la combustion des vapeurs d'essence. Toutefois, une récente étude, faite à partir d'analyses sanguines (Bolté et Zayed, 2004) n'a pu démontrer l'apport significatif du Mn provenant du MMT. Même si nos résultats, à partir du Mn dans les cheveux est associée aux concentrations de Mn dans l'eau, on ne peut toutefois écarter complètement l'hypothèse que la forte présence de VHR ait pu constituer un apport à la charge corporelle de Mn.

Actuellement, la vérification de cette hypothèse pose problème, car la source d'exposition en Mn en provenance de l'eau semble résolue par l'installation du nouveau traitement au «sable-vert» alors que le MMT a été retiré progressivement du marché entre janvier 2004 et juin 2004 à l'échelle du pays. Si on considère que la période d'exposition en Mn provenant de l'eau d'environ dix ans, selon l'âge et le temps de résidences des enfants étudiés, ainsi que la commercialisation de moteurs n'utilisant plus l'additif au MMT, la qualité de l'air et de l'eau de consommation a dû s'améliorer depuis.

5.7 Limites de l'étude

- Pour respecter l'éthique de la démarche, il fallait informer les parents que notre étude visait à évaluer un lien entre la présence du Mn dans l'eau potable et de possibles troubles de comportement pouvant lui être associés, ce qui a pu entraîner un biais de participation;
- Suite à une mauvaise perception du questionnaire de recrutement, des gens ont pu s'exclure en croyant que la consommation de l'eau se limitait à l'eau que l'on boit et non celle que l'on utilise pour cuisiner, se baigner, etc.;
- Le faible échantillonnage soit au total 49 enfants dont 46 furent retenus pour l'ensemble de l'étude et 44 pour la participation aux tests Conners;
- Notre questionnaire ne discriminait pas un biais possible pouvant être lié au diagnostic du TDAH en rapport avec d'autres facteurs familiaux telle une rupture conjugale récente et plusieurs des enfants de notre cohorte provenaient d'une même famille;
- Le choix par répondants de quelques résidences vu la disparité d'exposition au Mn, bien qu'elle puisse être une force de l'étude, selon les puits et le mélange des eaux dans le réseau de distribution par rapport à la nappe phréatique;
- Le fait de recruter seulement des enfants vivant dans des résidences branchées sur le réseau municipal et non la population en général, ce qui nous aurait permis de dégager un groupe contrôle qui, vivant dans un même milieu, nous aurait présenté un profil relativement similaire de consommation, de diète et de revenu à l'exception de l'exposition à une eau riche en Mn;
- L'exposition à d'autres sources d'exposition comme en Mn de source MMT et en Mn contenu dans les eaux embouteillées.

CONCLUSION

Malgré les différences mesurées de concentration en Mn dans les puits fournissant l'eau destinée à la consommation au sein de la communauté étudiée, les résultats auprès des enfants, surtout ceux mettant en évidence des comportements de types oppositionnels et d'hyperactivité tels qu'évalués par les enseignants, furent associés de façon significative aux concentrations de MnC.

La présence du Mn au niveau des cheveux indique que ce bioindicateur mérite d'être pris en considération. L'ensemble de nos résultats montre également que, dans le cadre de ce projet pilote, la présence du Mn dans les cheveux se comporte comme un indicateur fiable compte tenu des quantités relevées de Mn dans l'eau destinée à la consommation, la différence de concentration observée entre les filles et les garçons et surtout la relation entre le MnC et nos résultats aux tests Conners.

Bien que la présence de MnC semble s'expliquer principalement par une eau riche en Mn, il aurait été intéressant de constituer un groupe témoin dans ce même secteur afin de discriminer davantage les habitudes de diète en rapport avec le gradient de contamination que nous avons trouvé.

Cependant, ces résultats ne peuvent établir l'importance de la causalité entre les troubles de comportements observés et le Mn présent dans l'eau potable en termes d'effet contributeur. Toutefois, si l'on tient compte de l'effet du Mn au niveau du système nerveux, il semble y avoir ici un lien qui nous permette de dire que ce dernier a pu expliquer en partie nos résultats en ce qui concerne les troubles de comportement.

Ceci, nous indique surtout que d'autres études sur une base plus large méritent d'être effectuées. Ces dernières devraient être menées afin de documenter la capacité de résilience des enfants après une exposition parfois aussi longue que dix ans au Mn, même si ces derniers cessent d'y être exposé.

Au-delà des résultats sur les relations entre le manganèse dans l'eau potable et le comportement oppositionnel et hyperactif chez le groupe d'enfants étudié, ce projet pilote nous a permis de constater un autre phénomène celui des effets négatifs d'une «approche en silo» en matière de gestion des ressources hydriques. Le fait d'isoler les questions purement techniques confiées à des firmes spécialisées en hydrogéologie, des questions de santé publique, des enjeux environnementaux et des questions de gestion municipale contribue à défavoriser les communications entre ces divers acteurs et risque en effet de provoquer des situations problématiques.

Ceci peut générer une dynamique où le simple citoyen perd confiance dans la qualité de l'eau fournie par la municipalité et se tourne alors vers des eaux commerciales, ce qui est très coûteux en plus d'ouvrir possiblement ainsi la voie à des projets de privatisation des services d'eaux municipaux.

Concernant la présence du Mn dans les eaux destinées à la consommation, nous avons été étonnés de constater que la Santé publique ainsi que le ministère de l'environnement agissent tous deux davantage en aval qu'en amont des problèmes. En effet, bien qu'un seuil esthétique soit mondialement reconnu par divers organismes internationaux, aucune instance décisionnelle n'a pris le leadership permettant d'éviter qu'une petite communauté ne se retrouve laissée à elle-même face à cette problématique. D'ailleurs, si le seuil de $\leq 50\mu\text{g/l}$ était appliqué afin, à tout le moins, d'atténuer les quantités de Mn présent dans le réseau de distribution, cette problématique comportementale ainsi que l'ensemble des inconvénients qu'a subie cette population aurait pu être évitée.

Quant au ministère des Affaires municipales et des régions (MAMR), responsable de la gestion des réseaux d'eaux potables et usées, et quant au ministère des Ressources Naturelles et de la Faune (MRNF), ils ont joué un rôle très important par rapport au ministère du Développement durable, de l'environnement et des parcs (MDDEP). Or, il serait pertinent que ces trois ministères mettent leur expertise en commun afin de développer une meilleure connaissance des eaux souterraines et une meilleure gestion des eaux municipales provenant des eaux souterraines

Le MDDEP, qui gère un seuil minimal de Mn pour l'eau destinée à la consommation, ne voit pas l'intérêt d'établir une norme de Mn supérieur à 50 µg/l de concert avec les responsables de la santé publique dont le ministère de la Santé et des services sociaux (MSSS). Il serait souhaitable que cette étude pilote ainsi que les recherches qui en découleront, les incite à reviser leur position .

Le gouvernement fédéral tend, de son côté, à centraliser de plus en plus le contrôle sur la qualité de l'eau en termes d'expertise et de normes y compris dans le cas du Mn. Les nouveaux organismes fédéraux mis en place, tels le Comité fédéral-provincial-territorial, le Projet de recherche sur les politiques ainsi que les nouveaux programmes concernant le financement du traitement des eaux usées et potables (financé par le PIC), deviennent ainsi des partenaires majeurs des provinces. Une mise en commun des connaissances et du financement de l'ensemble de ces divers paliers gouvernementaux, tant fédéral, provincial que municipal est lacunaire et préjudiciable aux citoyens que les pouvoirs publics sont censés desservir, notamment par rapport à la gestion d'une problématique telle que celle que nous avons étudiée.

Dans le cas du Mn, si on respectait le seuil actuel de 50 µg/l, les risques d'exposition à des niveaux supérieurs comme ceux que nous avons observés, ne devraient pas survenir.

Les coûts associés à ce type de problème, ainsi que les répercussions potentielles sur la santé publique devraient pourtant être des incitatifs suffisants pour que les gouvernants appliquent en priorité un contrôle optimal du niveau seuil de 50 µg/l.

Bien que la présente recherche traite d'un cas particulier à une échelle municipale et qu'elle omette les résidences isolées, soulignons que ces dernières, en région surtout, devraient faire systématiquement l'objet de tests concernant la salubrité des eaux destinées à la consommation, notamment à cause de leur nombre important, comme nous l'avons vu dans la communauté qui a fait l'objet de cette recherche.

Bien que nous ayons dû, dans le cadre de ce mémoire, nous centrer sur l'objet premier de notre recherche, il convient néanmoins, en conclusion, de tirer un certain nombre de réflexions qui, alimentées par notre travail de terrain, pourraient constituer des pistes de recherche et d'interventions pertinentes :

- Le Québec commence à peine à produire une caractérisation ainsi qu'un inventaire du réseau d'eau souterraine (INRS-EAU, 1995; ENV. CAN, 2005). Or, il serait essentiel de s'assurer de mettre en évidence les zones sensibles tant à la contamination d'origine anthropique que naturelle et de le faire de façon suivie;
- Par ailleurs, dans le dossier du Mn, il serait pertinent d'établir non seulement un seuil esthétique ou organoleptique mais également une **norme en termes de santé publique** afin de faciliter l'encadrement des dépassements du seuil actuel et surtout de voir à l'application de cette norme;
- Il serait notamment pertinent de prendre en compte le cas de résidences isolées par un programme incitatif visant à faire passer une batterie de tests bactériologiques **et** physico-chimiques (non seulement les nitrates et l'arsenic, par exemple) lors de la mise en place d'un puits artésien;
- Lors de transactions immobilières ce sont paradoxalement les institutions financières qui demandent de faire une analyse bactériologique et des nitrates et non le MDDEP. Ce minimum d'analyse bactériologique et physicochimique origine de la Société Canadienne d'Hypothèques et de Logement (SCHL, 2007) qui a fait sienne les recommandations du Ministère de l'Environnement pour faire pression au niveau des institutions financières afin d'obliger, lors de transactions immobilières, qu'un tel test effectué par le propriétaire, soit conditionnel au prêt hypothécaire. Aussi, il y avait un programme de financement de tests du MDDEP destiné aux propriétaires de résidences isolées, mais ce dernier n'existe plus depuis trois ans pour des raisons inexplicables;

- Les municipalités devraient de concert avec les autorités gouvernementales concernées, le MDDEP, le ministère de la Santé, etc., pouvoir prioriser les types d'éléments chimiques potentiellement problématiques à partir du profil géologique du sous-sol de ces dernières. Les MRC disposent généralement de ce type d'information;
- Lorsque la mise en place d'un système de filtration s'avère nécessaire du côté de résidences qui utilisent des systèmes de captation privés au sein d'une municipalité, cette dernière devrait pouvoir mettre à contribution les fonctionnaires municipaux aptes à pouvoir encadrer et approuver, par émission de permis, une telle démarche comme c'est de plus en plus le cas avec les installations septiques de résidences isolées;
- Il serait également opportun d'augmenter la présence des fontaines publiques accessibles, dans les parcs et autres lieux publics afin de changer la perception, la relation, du citoyen par rapport aux services municipaux;
- Ces problèmes de présence de Mn dans l'eau potable requièrent des traitements efficaces. Or, des traitements sont disponibles pour diminuer le Mn de façon relativement simple par réduction et filtration à partir du «sable-vert» ou de l'ozone. Toutefois, lors de l'installation de tels systèmes, il importe d'éviter les bouts de réseaux favorisant la stagnation et la faible pression de l'eau par la mise en place d'un bouclage afin que l'eau puisse y circuler de façon efficace;
- Il serait cohérent d'assurer un suivi auprès des populations qui furent exposées au manganèse afin d'évaluer, après cessation à l'exposition, les modifications de comportements et d'évaluer les capacités de résilience;
- Compte tenu des coûts élevés pour les consommateurs, il serait pertinent, suite aux travaux de réfections de l'aqueduc permettant de régler ces problèmes de seuil excessifs de Mn, de vérifier si les achats d'eau en vrac diminuent ou se maintiennent;

- Enfin, il serait opportun de mener d'autres études afin de faire ressortir les impacts de la diète et de certaines habitudes de vies auprès d'une population non exposée au Mn;

BIBLIOGRAPHIE

- American Psychiatric Association. 1996. «Mini DSM-IV. Critères diagnostiques» Washington DC. Traduction éd. Masson. Paris. 384p.
- Aschner, M. 1990. «Manganese transport across the rat blood-brain-barrier: saturable and transferrin dependent transport mechanism». *Brain Research Bulletin*. **33**(3):345-349.
- Aschner, M. 1997. «Manganese neurotoxicity and oxidative damage in neurological disorders». *Metals and oxidative damage in neurological disorders*. (In: Connor JR, editor). New-York: Plenum Press: p. 77-93.
- ATSDR. 2000. «Toxicological profile for manganese». Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, GA.
- ATSDR. 2001. «Hair Analysis Panel Discussion: Exploring the State of the Science». Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Lexington, MA: Eastern Research Group.
- Bader, M.; Dietz, M.T.; Ihrig A. T. et G. Triebig. 1999. «Biomonitoring of manganese in blood, urine and axillary hair following low-dose exposure during the manufacture of dry cell batteries» *Int Arch Occup Health*. **72**: 521-527.
- Baldwin, M.; Mergler, D.; Larribe, F.; Bélanger, S.; Tardif, R.; Bilodeau, L. et K. Hudnell. 1999. «Bioindicateur and exposure data for a population based study of manganese». *Neurotox*. **20**(2-3): 343-53.
- Banton, O. 1995. «Contexte social de la gestion des eaux souterraines au Québec» *Rapport scientifique INRS-Eau*. 441: 146p.
- Banton, O. et L. M. Bangoy. 1997. «Hydrologie». Presse de l'Université du Québec à Ste-Foy, Montréal :AUPELF-UREF. 460p.
- BAPE. 2000. «L'eau, ressource à protéger, à partager et à mettre en valeur, rapport de Commission sur la gestion de l'eau du Québec». MDDEP. Doc.pdf. 157p.
- Barbeau, A. 1984. «Mn and extrapyramidal disorders». *Neurotox*. **5**, p. 13-36.
- Barlow, P.J. 1986. «Trace metal abnormalities in long-stay Hyperactive mentally and handicapped children and senile dement». *Journal of the royal society of medecine*. **79**: 3p. (Hair)
- Beuter, A.; Edwards, R.; De Geffroy, A.; Mergler D. et K. Hudnell. 1999. «Quantification of neuromotor function for detection of the effects of manganese». *Neurotox*. **20**(2-3): 355-366.

- Bibeau, M-C. 1994. «Le Manganèse dans les eaux de robinet et embouteillées: contribution à l'exposition humaine au Mn d'origine MMT». Faculté de médecine, Université de Montréal. 78p.
- Biederman, J. et S. V. Faraone. 2005. «Attention-deficit hyperactivity disorder». *The Lancet Journal*. **366**(9481): p. 237-48.
- Bilodeau, L. 1999. «Étude des facteurs individuels et environnementaux influençant le manganèse sanguin chez une population humaine exposée par l'environnement ambiant». UQAM. 78p.
- Bolger, P.M. 1998. «Dietary intake of manganese». *Neurotox.* **19**(3)
- Bolté, S.; Normandin, L.; Kennedy, G. et J. Zayed. 2004. «Human exposure to respirable manganese in outdoor and indoor air in urban and rural areas». *Journal Toxicology and Environmental Health, Part A*. **67**: 459-467.
- Boojar, M. M.; Goodarzi, F. 2002. «Longterm follow-up work place and well water Mn effect on iron status indexes in Mn miners». *Arch of environ health*. **57**(6): 519-528.
- Bouchard, M; Laforest, F; Vandelac, L; Bellinger, et D. Mergler. 2007. «Hair Manganese and Hyperactive Behaviors: Pilot Study of School-Age Children Exposed through Tap Water». *Environmental Health Perspectives*. **115**(1): 122-127.
- Bowen, R. 1986. «Groundwater, 2nd Edition». Elsevier.US. 427p.
- Bowler, R.; Mergler, D. et M. P. Sassine. 1999. «Neuropsychiatric effects of manganese on mood». *Neurotox.* **20**:2-3.
- Brenneman, K.A.; Wong, B. A.; Buccelato, M.A.; Costa, E. R.; Gross, E. A. et D. C. Dorman. 2000. «Direct Olfactory Transport of inhaled Manganese (⁵⁴MnCl₂) to the Rat Brain: Toxicokinetic Investigations in a Unilateral Nasal Occlusion Model». *Toxicology and applied Pharmacology*. **169**: 238-248.
- Breton, J.J.; Bergeron L.; Valla, J. P.; Berthiaume, C.; Gaudet, N.; Lambert, J. St-Georges, M.; Houde, L. et S. Lépine. 1999. «Québec Child Mental Health Survey: Prevalence of DSM-III-R Mental Health Disorders». *J. Child Psychol Psychiat.* **40**(3): 337-384.
- Britton, A. et C. Cotzias. 1966. «Dependence of manganese turnover on intake». Medical Research Center. Brookhaven National Laboratory, Upton, New-York. 4p.
- Castany, G., 1998. «2ième cycle: Hydrogéologie Principes et méthodes». Dunod éd., Paris, ISBN 2 10 0041711. 238p.

- Chevalier, N.; Guay, M.-C.; Achim, A.; Lageix, P. et H. Poissant. 2007. «Trouble déficitaire de l'attention avec hyperactivité: soigner, éduquer, surtout valoriser». Presse de l'Université du Québec. ISBN 2-7605-1463-3. 311p.
- Collipp P.J.; Chen S.Y. et S. Maitinsky. 1983. «Manganese in infant formulas and learning disability». *Ann Nutr Metab.* **27**: 488-494.
- Conners, C.K.; Sitarenios, G. N.; Parker, J.D.A. et N. Epstein. 1998. «Revision and Restandardization of the Conners Teacher Rating Scale (CTRS-R): Factor Structure, Reliability and Criterion Validity». *Journal of abnormal Child Psychology.* **26**(4): 279-291.
- Conners, C.K. 2000. «Conners' Rating Scales-Revised: CRS-R, Technical Manual» MHS ed. 200p.
- Cordes, M. et T. F. McLaughlin. 2004. «Attention deficit disorder and rating scales with a brief review of the CONNORS TEACHER RATING SCALE (1998)». *International Journal of Special Education.* **19**(2): 23-34.
- Cotzias, G.C. 1958. «Manganese in health disease». *Physiol. Rev.* **38**: 503-532.
- Crinella, F.M.; Cordova E.J. et J. Ericson. 1998. «Manganese, aggression, and attention deficit hyperactivity disorder (Abstract)». *Neurotox.* **19**: 468-469.
- Dobson, A.W.; Erikson, K.M. et Aschner, M. 2004. «Manganese Neurotoxicity». *Ann.N.Y. Acad.Sci.* **1012**: 115-128.
- Dorman, D.; Struve, M. F.; James, A. R.; McManus, B. E.; Marshall, M. W. et B. A. Wong. 2001. «Influence of dietary Manganese on the Pharmacokinetics of inhaled Manganese Sulfate in Male CD Rats». *Toxicological Sciences.* **60**:242- 251.
- Dorman, D. et B.A. Wong. 2006. «Neurotoxicity of inhaled manganese: A reanalysis of human exposure arising from showering». *Med Hypotheses. Correspondence.* **66**(1): 199-200.
- Elsner, R. J. F. et J. G. Spangler. 2005. «Neurotoxicity of inhaled manganese: Public health danger in the shower? ». *Med Hypotheses.* **65**: 607-616.
- FDA.1980. «National Academy of Sciences». Washington. 9ed.
- Finley, J.W.; Phyllis E. J. et Jonhson, L.K. 1994. «Sex affects manganese absorption and retention by humans from a diet adequate in manganese». *Am J Clin Nutr.***60**: 949-55.

- Fitsanakis, V. A.; Zhang, N.; Anderson, J. G.; Erikson, K. M.; Avison, M. J.; Gore, J. C. et M. Aschner. 2008. « Measuring brain manganese and iron accumulation in rats following 14 weeks of low-dose manganese treatment using atomic absorption spectroscopy and magnetic resonance imaging ». *Toxicol Sci.* **103**(1): 116-24.
- GDG. 1993. «La communauté de poissons du réservoir Taureau». Environnement ltée. Hydro-Québec, Région Mauricie. 115p.
- Goto, K.; Taguchi, S.; Fukue, Y. et K. Ohta. 1977. «Spectrophotometric determination of Mn with 1-(2-pyridylazo)-2-naphtol and a non-ionic surfactant». *Talanta*; **24**(12):752-753.
- Gouvernement du Canada. Projet de recherche sur les politiques. 2007. «(ICDRH) Indice Canadien de la Durabilité des Ressources Hydriques». 30p.
- He, P.; Liv, D. H. et G.G. Zhang. 1994. «Effects of high level of manganese sewage irrigation on children's behaviour». *Chuang-hua-yu-fang-I-hsueh-tsa-chih.* (Résumé disponible en anglais). **28**: 216-218.
- Hsieh, C.T.; Liang, J. S.; Peng, S. S. et W. T. Lee. 2007. «Seizure Associated With Total Parental Nutrition-Related Hypermanganesemia». *Pediatric Neurology.* **36**(3):181-183.
- Huang, C. C.; Luu, C.S.; Chu, N.S.; Hochberg, F.; Lilienfeld, D.; Olaneo, W. et D.B. Calne. 1993. «Progression after chronic manganese exposure». *Neurol.* **43**:1479-83.
- Huang, C. C.; Chu, N. S.; Luu, C.S.; Chen, R.S. et D. B. Calne. 1998. «Long-term progression in chronic manganese: ten years of follow-up». *Neurol.* **50**: 698- 700.
- Hudnell, H.K. 1999. «Effects from environmental Mn exposures: A review of the evidence from non-occupational exposure studies» *Neurotox.* **20**(2-3): 379-397.
- Hudon, E. 1991. «Habitudes de consommation de l'eau potable au Québec et perception du risque pour le consommateur». *Sciences et techniques de l'eau.* **24**(4): 357-362.
- Iregren, A. 1999. «Manganese Neurotoxicity in industrial Exposures: Proof of Effects, Critical Exposure Level, and Sensitive Tests». *Neurotox.* **20**(2-3): 315-324.
- Kawamura, R.; Ikuta, H.; Fukuzumi, S.; Yamada, R.; Tsubaki, S.; Kodama, T. et S. Kurata. 1941. «Intoxication by manganese in well water». *Kisato Arch ExpMed.* **18**: 145-169.
- Kondakis, X.G.; Makris, N.; Leotsinidis M.; Prinou, M. et T. Papapetropoulos. 1989. «Possible Health Effects of High Manganese Concentration in Drinking Water». *Arch of Environ Health.* **44**(3): 175-178.

- Klimis-Tavanis, D.J. 1994. «Manganese in health and disease». CRC Press. ISBN 0-8493-841-9. 212p.
- Lajeunesse, S. 2004. «Exposition orale au manganèse : Étude des niveaux de métaux dans l'eau des puits du Lac Brome et de l'ingestion de boissons gazeuses dans le sud-ouest du Québec». (Mémoire) UQAM. 75p.
- Larose, F.; Terrisse, B; Ratte, S. et J. Séguin. 2003. «L'élève hyperactif ou présentant des troubles de l'attention: concomitance et comorbidité avec les troubles de la conduite chez une population scolaire québécoise». A.N.A.E. **71**: 33-42.
- Leblanc, A., Dumas, P. et D. Lefebvre. 1999. «Trace element content of commercial shampoos: impact on trace element levels in hair». Sci tot Environ. **229**: 121- 124.
- Lekouch, C.D. 1985. «Hair analysis-A critical review». CAN MED ASSO J. **133**: p.186-188.
- Lessard, C. 1999. «Étude pilote sur l'enlèvement du Fe et du Mn des eaux souterraines Étude de cas de Ville Ste-Marie». (Mémoire) Québec, Université Laval.
- Levallois, P.; Guévin, N.; Gingras, S.; Lévesque, B.; Weber, J. P. et R. Letarte. 1998. «New patterns of drinking-water consumption: results of a pilot study». Sci Tot.Envi. **209**: 233-241.
- Levy, B.S. et W. J. Nasseta. 2003. «Neurologic Effects of Manganese in Humans: A Review». 2003. Int J Occup Environ Health. **9**: 153-163.
- Li, D.; Sham, P.C.; Owen, M.J. et L. He. 2006. «Meta-analysis shows significant association between dopamine system genes and attention deficit hyperactive disorder (ADHD)». Human Molecular Genetics. **15**(14): 2276-2284.
- Loranger, S.; Bibeau, M.C. et J. Zayed. 1994. «Le manganèse dans l'eau potable et sa contribution à l'exposition humaine». Rev Epidem. et Santé Publ. **42**: 315-321
- Lown, B.A. et J. B. Morganti. 1984. «Effects of the postnatal development of the mouse, of preconception, postconception and/or suckling exposure to manganese via maternal inhalation exposure to MnO₂ dust». Neurotox. **5**(1): 119.
- Manson, P. et S. Zlotkin. 1985. «Hair analysis-a critical review». Can Med Assoc J.**133**: 186-188.
- Mena, I.; Hororiuchi, K.; Burke, K. et G. C. Cotzias. 1967. «Chronic manganese poisoning: clinical picture and manganese turnover». Neurolo. **19**: 1000-1006.

- MENVIQ. 1999. «Portrait régional de l'eau : Consultation publique sur la gestion de l'eau au Québec- Lanaudière Région administrative 14». Atlas du Québec et de ses régions. 29p.
- MENVIQ. 2003. «Guide technique- Captage des eaux souterraines et traitement des eaux usées des résidences isolées». ISBN 2-551-21835-7.
- Mergler, D. et M. Baldwin. 1997. «Early manifestations of manganese neurotoxicity in the humans: an update». *Environ Res.* **73**: 92-100.
- Miekeley, N.; Dias Carneiro, M.T.W. et P.L. Porto da Silveira. 1998. «How reliable are human hair reference intervals for trace elements? ». *Sci Tot Environ.* **218**: 9-17.
- Ministère des Transports. 2005. «Consultation publique sur les véhicules hors route; document de réflexion». ISBN : 2-550-44293-8.
- MRC de la Haute-Matawinie. 1997. «Schéma d'aménagement révisé. Partie 1». Service d'aménagement. 218p.
- Nkwenkeu, S.-F.; Kennedy, G.; Phillipe et J. Zayed. 2002. «Oral manganese intake estimated with dietary records and with direct chemical analysis». *Sci Tot Environ.* **287**(1-2): 147-153.
- OMS. 2004. «Manganese in drinking-water: Background document for development WHO Guidelines for Drinking-water Quality». WHO/SDE/WSH/03.04/104. (pdf). 29p.
- OMS. 2003. «Guidelines for drinking water quality». 3rd ed. Geneva. ISBN 924 154638 7.
- OMS. 1999. «Manganese and its compounds». OMS: Concise International Chemical Assessment. Geneva. Doc.12.
- OMS. 1981. «Le manganese. Critères d'hygiène de l'environnement». OMS: Concise International Chemical Assessment. Geneva.
- Ostiguy, C.; Asselin, P. et S. Malo. 2005. «The emergence of manganese-related health problems in Quebec: An integrated approach to evaluation, diagnosis, management and control». *Neurotox.* **27**: 350-356.
- Pal, P.K.; Samii, A. et D. B. Calne. 1999. «Manganese neurotoxicity: review of clinical features, imaging and pathology». *Neurotox.* **20**(2-3): 227-238.
- Papavasiliou, P.S.; Miller, S.T. et G.C. Cotzias. 1966. «Role of liver in regulating distribution and excretion of manganese». *Medical Research Center.* **211**(1): 213-217.

- Penalver, R. 1995. «Manganese poisoning: The 1954 Ramazzini operation». *Industrial Medecine and Surgery*. Jan.: 1-7.
- Pihl, R.O. et Parkes M. 1977. «Hair element content in learning disabled children». *Science*. **198**: 204-206.
- Réseau Environnement. 2006.«Répertoire 2005-2006 de l'industrie environnementale du Québec». 348 p.
- Rousseau, A.N., et A. Mailhot. 2004. «Usages et approvisionnement en eau dans le sud du Québec:Niveau des connaissances et axes de recherche à privilégier dans une perspective de changements climatiques». *Canadian Water Resources Journal*. Ed. Canadian Water Resources Association. **29**(2):121-134.
- Rodushkin, I. et M. D. Axelsson, M.D. 2000. «Application of double focusing sector field ICP-MS for multielemental characterization of human hair and nails. Part II. a study of the inhabitants of northern Sweden». *Sci To Environ*. **262**(1-2): 21-36.
- Rodier, J. 1955. «Manganese poisoning in Moroccan miners». *Br J Ind Med*. **12**:21-35
- Santé Canada. 2006. «Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada préparé par le Comité Fédéral-Provincial-Territoires sur l'eau pour le Comité Fédéral-Provincial-Territoires sur la santé et l'environnement». 16p.
- Sassine, M.-P.; Mergler, D.; Bowler, R. et H. K. Hudnell. 2002. «Manganese accentuates adverse mental health effects associated with alcohol use disorders». *Biological Psychiatry*. **51**(11): 909-921.
- Steindel, J.S. et Howanitz, P. J. 2001. «The Uncertainty of Hair Analyses for Trace Metals». *JAMA*. **285**(1): 83-5.
- Spangler, J.G.et Elsner R. 2006. «Commentary on possible manganese toxicity from showering: Response to critique». *Med hypotheses*. **66**:1231-1233.
- Takser, L.; Mergler D. 2004.«Blood manganese content at birth and cord serum prolactin levels». *Neurotoxicology and teratology*. **26** (6): 811-815.
- Tjälve, H. et Henriksson, J. 1999. «Uptake of Metals in the Brain via Olfactory Pathways». *Neurotox*. **20**:2-3.
- Toupin, J, Déry, M.; Fortin, L.; Mercier, H. et R. Pauzé. 1998. «Caractéristiques sociales, familiales et psychologiques des jeunes manifestant des troubles de conduites: Rapport final présenté au Conseil québécois de la recherche sociale dans le cadre du programme de recherche ordinaire (subvention RS- 1901)». Groupe de recherche sur les inadaptations sociales de l'enfance(GRISE). Université de Sherbrooke. ISBN 2-9806157-0-6.

- U.S. EPA. June 27 1980. Federal Register. **45**(126) 43459.
- U.S. EPA. 2002. «Health Effects Support Document for Manganese». Health and Ecological Criteria Division. R-02-029. 168p.
- U.S. EPA. 2004. «Drinking Water Health Advisory for Manganese». Office of water (4304T). Health and Ecological Criteria Division. Washington, DC 20460. EPA-822-R-04-003. 49p.
- U.S. EPA. 2004. «Estimated Per Capita Water Ingestion and Body Weight in the United States- an update». EPA- 822- R-00-001. 521p.
- Vierrege, P.; Heinzow, B.; Korf, G.; Teichert, H. M.; Schleifenbenbaum, P. et H. U. Mosinger. 1995.«Long term exposure to manganese in rural well water has no neurological effects». *Can J Neurol Sci.* **22**: 286-289.
- Wasserman, G. A.; Liu X.; Parvez, F.; Ahsan, H.; Levy, D.; Factor-Litvak, P.; Kline, J.; van Geen, A.; Slavkovich, V.; Lolacono, N. J.; Cheng, Z.; Zheng, Y. et J. H. Graziano. 2006. «Water Manganese Exposure and Children's Intellectual Function in Araihaaz Bangladesh». *Environmental Health Perspectives.* **114**(1): 124-129.
- Watanabe, H. 1977.«Spectrophotometric determination of manganese with 1-(2-pyridylazo)-2-naphtol and a non-ionic surfactant». *Talanta.* **24**(12): 752-753.
- Watts, D. 2001. «Accuracy of Hair Mineral Analysis». *JAMA.* **285**. No12 (Letters).
- Wedler, F.C. 1994. «Biochemical and nutritional role of manganese: an overview»
- Weiss, B. 2006. «Economic implications of manganese Neurotoxicity». *Neurotox.* **27**: 362-368.
- Wenlock, R.W.; Buss, D.H. et E. J. Dixon. 1979. «Trace nutrients; 2. Manganese in british food». *Br J Nutr.* **4**:253-261.
- Woolf, A.; Wright, R.; Amarasiriwardena, C. et D. Bellinger. 2002. «A child with Chronic Manganese Exposure from Drinking water». *Environmental Health Perspective; Grand Rounds in Environnemental medecine.* **110**(6): 1-4.
- Wright, R. O.; Amarasiriwardena C. Woolf, A.D. et D.Bellinger. 2006. «Neuropsychological Correlates of Hair Arsenic, Manganese, and Cadmium Levels in School-Age Children Residing Near a Hazardous Waste Site». *Neurotox.* **27**(2): 210-6.
- Zayed, J.; Guessous, A.; Lambert, J.; Carrier, G. et S. Philippe. 2003. «Estimation of annual Mn emissions from MMT source in the Canadian environment and the Mn pollution index in each province». *Sci Tot Environ.* **312**: 147-154.

Zhang, P.; Anglade, P.; Hirsh, E. C.; Javoy- Agid, F et Y. Agid. 1994. « Distribution of manganese dependant superoxyde dismutase in the human brain» *Neurosci.*15(2) 317-330.

Zheng, W.; Aschner, M.; et J. F. Gherzi-Egea. 2003. «Brain barrier systems: a new frontier in metal neurotoxicological research». *Toxicology and applied Pharmacology* (article in press).

Zoni, S.; Albini E. et Lucchini, R. 2007. «Neuropsychological testing for the assessment of manganese neurotoxicity: a review and proposal». *Am J Ind Med.* 50(11): 812-30.

Documents des Firmes de consultants soumissionnaires en ingénierie (accès restreint)

Bodineau, R. 2001. «Alimentation en eau temporaire par le puits de la rue Granger». Comtois, Poupart, St-Louis et Ass.

Gaudreault, M. 2001. «Compilation des données de pompage et de la qualité de l'eau souterraine». Michel Gaudreault et Ass.

Groupe Forces. 1998. «Rapport d'étape- Phase I: Alimentation supplémentaire en eau potable pour [REDACTED]». (No/réf: 97-6000)

HGE Consultants, Hydrogéologie, Géologie. 1991-92-93 et 1995. «Gestion d'aquifère et du système d'approvisionnement en eau». Documents préparés à l'intention de la municipalité de [REDACTED].

Liens Internet

ACFAS 66e Congrès 1998. «Analyse multivariée des indicateurs de risque pour le Trouble Déficit de l'Attention avec Hyperactivité dans la population des jeunes de 6 à 14 ans du Québec». Valla, J.P.; Lageix, P. et Bergeron, L. Session 522: Le trouble déficitaire de l'attention/hyperactivité en santé et en éducation. <http://www.acfas.ca/CONGRES/congres66/C1921.htm>
[Consulté en avril 2007]

Association des médecins psychiatres du Québec, <http://www.ampq.org>
[Consulté le 13-09-2005]

Association des psychologues scolaires du Québec, <http://www.aqps.qc.ca>
[Consulté le 13-09-2005]

BAPE. 2000. «L'eau, ressource à protéger, à partager et à mettre en valeur, rapport de la Commission sur la gestion de l'eau au Québec, rapport 142. pdf.<http://www.bape.gouv.qc.ca>
[Consultations multiples]

Bureau de la statistique du Québec (Institut de la statistique du Québec), Fichier du code géographique du Québec, <http://www.inspq.qc.ca/ctq>
[Consulté le 10 octobre 2005]

Centre de toxicologie du Québec, <http://www.ctq.qc.ca/protocoles.html>
[Consulté le 8 octobre 2005]

Commission scolaire Des Samares <http://apps.cssamares.qc.ca> [Consulté en octobre 2004]

Environnement Canada. «Enquête sur l'eau potable et les eaux usées des municipalités (EEPEUM)-Cartographier». http://gis.ec.gc.ca/ec-mud/index_fr.phtml
[Consulté le 12 septembre 2005]

Expert group on vitamins and minerals.UK Food Standards Agency.2003. «Review of Mn revised version». http://www.food.gov.uk/multimedia/pdfs/evm_manganese.
[Consulté le 26juillet 2005]

Institute of medecine (IOM). 2002.«Dietary reference intake: vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc». National academic press. Washington, DC. p10-01/10-22. <http://www.iom.edu/report.asp?id=8521>.
[Consulté le 20 juillet 2005]

INSPQ. 1998. «Loi sur la protection de la santé publique». <http://www.inspq.qc.ca>
[Consulté en juin 2005]

Ministère de l'Économie des Finances et de l'Industrie; Secrétariat d'État à l'Industrie. France.1999. <http://www.industrie.gouv.fr>
[Consulté en juin 2006]

Ministère de l'Environnement du Québec, <http://www.menv.gouv.qc.ca>
[Consulté le 15 février 2005]

Ministère des Affaires municipales et des régions, <http://www.mam.gouv.qc.ca>
[Consulté le 10 avril 2007]

OMS. 2006. «Water Sanitation Health»
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3rev/en/index.html
[Consulté en mars 2006]

Ressources naturelles Canada. 2005. «L'Atlas du Canada-Eaux souterraines». <http://atlas.gc.ca/site/francais/maps/freshwater/distribution/groundwater>
[Consulté le 15 juin 2005]

Santé Canada. <http://www.hc-sc.gc.ca/eauqualite> [Consulté le 15 février 2005]

Statistique Canada. <http://estat.statcan.ca/cgi-win/CNSMCGI.EXE>
[Consulté le 13 juin 2005]

Sierra Legal Fund Defense. <http://www.sierralegal.org>
[Consulté le 6 octobre 2006]

Société Canadienne d'Hypothèques et de logement (SCHL). <http://www.cmhc-schl.gc.ca>
[Consulté le 11 janvier 2007]

UK Food Standards Agency. 2003. <http://www.food.gov.uk>
[Consulté le 1 juin 2006]

U.S. Centers for Disease Control and Prevention.
<http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5434a2.htm>
[Consulté le 5 septembre 2005]

U.S. EPA. «Manganese». 1996. www.epa.gov/iris/subst/0373.htm.
[Consulté le 26 juillet 2005]

ANNEXES

Annexe 1 : Avis de conformité du Comité facultaire et autres formulaires de consentement :

UQAM Faculté des sciences
Université du Québec à Montréal

**CONFORMITÉ À L'ÉTHIQUE EN MATIÈRE DE RECHERCHE
IMPLIQUANT LA PARTICIPATION DE SUJETS HUMAINS**

Le Comité facultaire d'éthique de la recherche sur les êtres humains de la Faculté des sciences de l'UQAM a examiné le projet de recherche suivant :

Responsable du projet : François Laforest
Département ou École : Maîtrise en sciences de l'environnement, Institut des sciences de l'environnement
Superveuses : Donna Mergler et Louise Vandelac
Titre du projet : Étude de cas : contamination de l'eau potable par le manganèse

Ce projet de recherche est jugé conforme aux pratiques habituelles et répond aux normes établies par le «*Cadre normatif pour l'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM*».

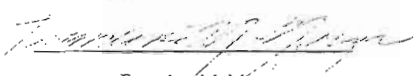
Le projet est jugé recevable au plan de l'éthique de la recherche sur des êtres humains.

Membres du Comité facultaire d'éthique de la recherche avec des êtres humains

NOM	TITRE	DÉPARTEMENT
Achim, André	Professeur	Psychologie
Arvais, Louise	Secrétaire du Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains	Service recherche et création
Desrosiers, Richard	Professeur	Chimie
Kieran-Sauvé, Carolyn	Professeure	Mathématiques
Mayer, Francine M.	Professeure	Sciences biologiques
Vandelac, Louise	Professeure	Sociologie et Institut des sciences de l'environnement

31 août 2005

Date


Francine M. Mayer
Présidente du Comité

Objet : Demande de consentement pour la participation de votre établissement à une étude sur les effets de la présence du manganèse dans l'eau potable.

M.

Monsieur,

Par la présente, nous sollicitons la participation de votre école à un projet de recherche auprès d'enfants de 8 à 14 ans, soit d'élèves à partir de la troisième année du primaire ainsi que du secondaire I, II.

Dans le cadre d'une recherche visant à déterminer les effets du manganèse sur une population exposée à cet élément présent dans l'eau potable, nous sollicitons la collaboration de la population utilisatrice du système d'aqueduc municipal de St-Hubert.

Fait à noter, il ne s'agit pas d'un problème de santé publique a priori, mais d'une recherche fondée sur un phénomène relativement fréquent dans les municipalités du Québec qui utilisent les nappes d'eaux souterraines pour s'approvisionner en eau potable. En effet, le manganèse est un élément très répandu dans la nature, on le retrouve dans le sol, l'eau et l'air. C'est même un élément essentiel pour la santé (en petite quantité) et il est présent dans plusieurs aliments courants comme les légumes verts. Cependant, lorsque la consommation de manganèse augmente, on peut observer certains effets néfastes pour la santé.

Notre étude porte sur les enfants âgés entre 8 et 14 ans, car certaines études suggèrent qu'ils seraient plus vulnérables aux effets potentiellement néfastes du manganèse sur la santé. Notre objectif est de mieux documenter l'impact de la consommation d'eau de l'aqueduc municipal sur la quantité de manganèse présent dans l'organisme et de tenter d'établir un lien entre cette exposition et le comportement des enfants.

Les parents seront appelés à répondre à un questionnaire alors que des échantillons de cheveux seront prélevés chez les enfants.

Également, afin de compléter les informations requises, nous solliciterons la participation de vos enseignants afin de remplir un questionnaire d'évaluation psychométrique portant sur le comportement de l'enfant dont les parents auront fourni les autorisations nécessaires.

Le Comité facultaire d'éthique de la recherche sur les êtres humains de la Faculté des sciences de l'UQAM a approuvé le projet de recherche pour lequel nous demandons la participation de vos enseignants. Toutes les données et résultats d'analyses impliquant un prélèvement de tissu humain ainsi que l'administration de tests d'analyses comportementales répondent aux critères et aux normes d'une analyse éthique qui protège la confidentialité et l'anonymat des répondants. **Les chercheurs s'engagent à assurer l'anonymat et la confidentialité des réponses de tous les participants, enfants comme adultes. En tout temps et sans avoir à s'en justifier, tout participant le désirant pourra mettre fin à sa collaboration. La participation à cette étude ne comportera aucun préjudice quant à votre part ou à celle des élèves participants.** Ni l'enseignant(e) ni la direction de l'école n'auront accès aux données. Toutefois, des résultats globaux, dépersonnalisés, seront accessible sur demande.

Les implications liées à la participation des enseignants

- Compléter un formulaire d'évaluation comportementale (le test CONNERS-Version brève) auprès des élèves faisant l'objet de la présente recherche et ayant, au préalable, déjà reçu l'autorisation de leurs parents ou tuteurs légaux.
- Cette activité ne mobilise pas les enseignants durant leurs heures de classe. Toutefois, nous verrons à les rétribuer pour le temps nécessaire à remplir les questionnaires. Le temps alloué à cette démarche ne devrait pas prendre plus d'une dizaine de minutes par élève.

Nous sommes convaincus de l'importance de ce projet de recherche, mais nous sommes aussi conscients que cette demande s'ajoute à votre travail déjà considérable. Aussi, quelle que soit votre décision, nous vous remercions à l'avance d'avoir pris le temps de lire et de réfléchir à cette demande, et de nous transmettre votre réponse par courrier, ou par courriel, à l'adresse ci-dessous. Pour de plus amples informations, n'hésitez pas à communiquer avec nous.

En espérant recevoir une décision favorable de votre part, veuillez accepter nos salutations distinguées.

François LaForest,

Institut des sciences de l'environnement

Université du Québec à Montréal

tél. (450) 833-1258

(514) 288-0167

laforest.francois@courrier.uqam.ca

TITRE DE LA RECHERCHE : *«Étude de cas : contamination de l'eau potable par le manganèse(projet de mémoire de maîtrise)»*

DIRECTRICES DE PROJETS : Donna Mergler, PhD : (514) 987-3000 poste 4759
Louise Vandelac, PhD : (514) 987-3000 poste3915

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

DEMANDE DE CONSENTEMENT POUR LA PARTICIPATION DE VOTRE ENFANT À UNE ÉTUDE SUR LES EFFETS DE LA PRÉSENCE DU MANGANÈSE DANS L'EAU POTABLE

Chers parents,

Dans le cadre d'une recherche visant à déterminer les effets du manganèse sur une population exposée à cet élément présent dans l'eau potable, nous sollicitons la collaboration de la population actuellement **utilisatrice du système d'aqueduc municipal de** .

Fait à noter, il ne s'agit pas d'un problème de santé publique a priori, mais d'une recherche fondée sur un phénomène relativement fréquent dans les municipalités du Québec qui utilisent les nappes d'eaux souterraines pour s'approvisionner en eau potable. En effet, le manganèse est un élément très répandu dans la nature, on le retrouve dans le sol, l'eau et l'air. C'est même un élément essentiel pour la santé (en petite quantité) et il est présent dans plusieurs aliments courants comme les légumes verts. Cependant, lorsque la consommation de manganèse augmente, on peut observer certains effets néfastes pour la santé.

Notre étude porte sur les enfants âgés entre 8 et 14 ans, car certaines études suggèrent qu'ils seraient plus vulnérables aux effets potentiellement néfastes du manganèse sur la santé. Notre objectif est de mieux documenter l'impact de la consommation d'eau de l'aqueduc municipal sur la quantité de manganèse présent dans l'organisme et de tenter d'établir un lien entre cette exposition et le comportement des enfants. Pour ce faire, nous vous demanderons de répondre (avec votre enfant) à des questions portant sur les habitudes de consommation en eau potable provenant du réseau d'aqueduc municipal. D'autres thèmes seront également abordés dans ce questionnaire, comme les habitudes alimentaires et d'autres questions sur la santé de votre enfant. De plus, certaines questions s'adresseront directement à vous, le parent.

Ensuite, nous vous demanderons de bien vouloir compléter un questionnaire portant sur différents comportements de votre enfant. Si vous acceptez que votre enfant participe à l'étude, un questionnaire semblable sera rempli par l'enseignant de votre enfant.

Finalement, nous aimerions pouvoir estimer la quantité de manganèse présent dans l'organisme de votre enfant. Pour ce faire, nous avons besoin d'un échantillon de cheveux qui sera prélevé de façon la moins voyante possible.

Ainsi, la participation à notre étude implique que :

- Votre enfant accepte de donner une petite mèche de cheveux.
- Vous acceptiez de répondre à des questions sur la consommation d'eau potable, sur les habitudes alimentaires, le comportement ainsi qu'à certaines questions générales sur la santé de votre enfant.
- Vous acceptiez que l'enseignant de votre enfant réponde à des questions sur son comportement en classe

Si vous acceptez de participer à l'étude, nous prendrons rendez-vous avec vous et une rencontre d'environ une heure devrait suffire pour compléter le tout. Ce sera également l'occasion de répondre à vos questions concernant notre recherche. Aussi, bien que les résultats finaux seront dépersonnalisés, dans le cas où les résultats des analyses montrent que votre enfant présente des risques pour sa santé, nous vous contacterons à cet effet afin de vous orienter vers les autorités compétentes. Seul les résultats globaux, dépersonnalisés, pourront vous être communiqués sur demande de votre part.

Toutes les données et résultats d'analyses impliquant un prélèvement de tissu humain ainsi que l'administration de tests d'analyses comportementales répondent aux critères et aux normes d'une analyse éthique qui protège la confidentialité et l'anonymat des répondants. **Les chercheurs s'engagent à assurer l'anonymat et la confidentialité des réponses de tous les participants, enfants comme adultes. En tout temps et sans avoir à s'en justifier, tout participant le désirant pourra mettre fin à sa collaboration. La participation à cette étude ne comportera aucun préjudice quant à votre part ou à celle de votre enfant.** Ni l'enseignant(e) ni la direction de l'école n'auront accès aux données et seuls les élèves ayant obtenu le consentement écrit de leurs parents pourront participer à cette recherche. Que vous acceptiez ou non cette demande, nous vous saurons gré de signifier **votre accord ou désaccord** en remplissant et retournant le formulaire par la poste dans l'enveloppe prévue à cet effet au plus tard d'ici un jour ou deux après la réception de ce dernier. Nous vous invitons à communiquer avec nous si vous avez besoin de plus d'information avant de prendre une décision. Si vous avez des questions concernant votre participation à cette recherche, n'hésitez pas à communiquer avec le responsable du projet au **(450) 833-1258**.

Le Comité facultaire d'éthique de la recherche sur les êtres humains de la Faculté des sciences de l'UQAM a approuvé le projet de recherche auquel vous allez participer. Pour des informations concernant les responsabilités de l'étudiant responsable du projet au plan de l'éthique de la recherche ou si vous estimez qu'il a dérogé aux engagements mentionnés précédemment, vous pouvez contacter son superviseur au numéro de téléphone figurant ci-dessous. Si le problème ne peut être réglé avec le superviseur, vous pouvez faire valoir votre situation auprès du Comité facultaire d'éthique de la recherche sur les être humains (lusignan.marie@uqam.ca ou Francine Mayer au (514) 987-3000 poste 7736 ou 7943 (messagerie). Quelle que soit cette dernière, nous vous remercions infiniment de l'attention prise à examiner cette demande.

Aussi nous remercions toutes les personnes qui voudront bien participer à notre démarche.

François LaForest,

Institut des sciences de l'environnement,
Université du Québec à Montréal
tél. (450) 833-1258
laforest.francois@courrier.uqam.ca

TITRE DE LA RECHERCHE : «*Étude de cas : contamination de l'eau potable par le manganèse*(projet de mémoire de maîtrise)»

DIRECTRICES CHERCHEURES À CONTACTER :

Donna Mergler, PhD : (514) 987-3000 poste 3355
Louise Vandelac, PhD : (514) 987-3000 poste 3915

Formulaire de *PARTICIPATION***Nous acceptons**☐

OUI

☐

NON

que notre enfant _____ participe à ce projet de recherche
(nom de l'enfant)

Nom du parent participant : _____
(lettres moulées)

Adresse :

Téléphone : _____

**Objet :DEMANDE DE CONSENTEMENT POUR VOTRE PARTICIPATION À
TITRE D'ENSEIGNANT À UNE ÉTUDE SUR LES EFFETS DE LA PRÉSENCE DU
MANGANÈSE DANS L'EAU POTABLE**

Madame, Monsieur,

Dans le cadre d'une recherche visant à déterminer les effets du manganèse sur une population exposée à cet élément présent dans l'eau potable, nous sollicitons la collaboration de la population utilisatrice du système d'aqueduc municipal de [REDACTED]

Fait à noter, il ne s'agit pas d'un problème de santé publique a priori, mais d'une recherche fondée sur un phénomène relativement fréquent dans les municipalités du Québec qui utilisent les nappes d'eaux souterraines pour s'approvisionner en eau potable. En effet, le manganèse est un élément très répandu dans la nature, on le retrouve dans le sol, l'eau et l'air. C'est même un élément essentiel pour la santé (en petite quantité) et il est présent dans plusieurs aliments courants comme les légumes verts. Cependant, lorsque la consommation de manganèse augmente, on peut observer certains effets néfastes pour la santé.

Notre étude porte sur les enfants âgées entre 8 et 14 ans, car certaines études suggèrent qu'ils seraient plus vulnérables aux effets potentiellement néfastes du manganèse sur la santé. Notre objectif est de mieux documenter l'impact de la consommation d'eau de l'aqueduc municipal sur la quantité de manganèse présent dans l'organisme et de tenter d'établir un lien entre cette exposition et le comportement des enfants.

Les parents seront appelés à répondre à un questionnaire alors que des échantillons de cheveux seront prélevés chez les enfants.

Également, afin de compléter les informations requises, nous vous demandons de bien vouloir compléter un questionnaire d'évaluation psychométrique portant sur le comportement de l'enfant dont les parents auront fourni les autorisations nécessaires.

Le Comité facultaire d'éthique de la recherche sur les êtres humains de la Faculté des sciences de l'UQAM a approuvé le projet de recherche pour lequel nous demandons votre participation. Toutes les données et résultats d'analyses impliquant un prélèvement de tissu humain ainsi que l'administration de tests d'analyses comportementales répondent aux critères et aux normes d'une analyse éthique qui protège la confidentialité et l'anonymat des répondants. **Les chercheurs s'engagent à assurer l'anonymat et la confidentialité des réponses de tous les participants, enfants comme adultes. En tout temps et sans avoir à s'en justifier, tout participant le désirant pourra mettre fin à sa collaboration. La participation à cette étude ne comportera aucun préjudice quant à votre part ou à celle des élèves participants.** Ni l'enseignant(e) ni la direction de l'école n'auront accès aux données. Toutefois, des résultats globaux, dépersonnalisés, seront accessibles sur demande.

Les implications liées à la participation des enseignants

- Nous sollicitons la participation des enseignants afin de compléter un formulaire d'évaluation comportementale (le test CONNERS-Version brève) auprès des élèves faisant l'objet de la présente recherche et ayant, au préalable, déjà reçu l'autorisation de leurs parents ou tuteurs légaux.
- Cette activité ne mobilise pas les enseignants durant leurs heures de classe. Toutefois, nous verrons à vous rétribuer pour le temps nécessaire à remplir les questionnaires (\$10.00 par élève). Le temps alloué à cette démarche ne devrait pas vous prendre plus d'une dizaine de minutes par élève.

Nous sommes convaincus de l'importance de ce projet de recherche, mais nous sommes aussi conscients que cette demande s'ajoute à votre travail déjà considérable. Aussi, quelle que soit votre décision, nous vous remercions d'avance d'avoir pris le temps de lire et de réfléchir à cette demande, et de nous transmettre votre réponse par un message sur ma boîte vocale ou par courriel, les coordonnées figurant sous ma signature. Pour de plus amples informations, n'hésitez pas à communiquer avec nous.

En espérant recevoir une décision favorable de votre part, veuillez accepter nos salutations distinguées.

François LaForest,
Institut des sciences de l'environnement,
Université du Québec à Montréal
tél. (450) 833-1258
laforest.francois@courrier.uqam.ca

TITRE DE LA RECHERCHE : *«Étude de cas : contamination de l'eau potable par le manganèse (projet de mémoire de maîtrise)»*

DIRECTRICES DE PROJETS : Donna Mergler, PhD (514) 987-3000 poste 4759
Louise Vandelac, PhD (514) 987-3000 poste 3915

DATE : _____ ID : _____

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

TITRE DE LA RECHERCHE : Étude de cas : contamination de l'eau potable par le manganèse.

CHERCHEURES À CONTACTER : Donna Mergler, PhD :(514)987-3000 poste 3355
Louise Vandelac, PhD :(514)987-3000 poste 3915

Je, _____ domicilié(e) à _____ fait la déclaration suivante :

1. Après avoir reçu toute l'information nécessaire sur le projet, les conditions de ma participation et l'utilisation qui sera faite des renseignements que je fournirai, j'accepte d'apporter volontairement ma collaboration au projet de recherche portant sur les effets de l'exposition au manganèse sur la santé humaine. Cette étude sera menée par des chercheuses de l'Université du Québec à Montréal (Donna Mergler et Louise Vandelac, professeures).
2. Mon enfant fournira une mèche de cheveux qui permettra aux chercheurs de quantifier le taux de manganèse.
3. Je reconnais que les questionnaires peuvent contenir des questions personnelles; si la divulgation de ces informations me rend mal à l'aise pendant ou après l'administration du questionnaire, les membres de l'équipe seront disponibles pour répondre à toute question et je suis assuré que tout échange restera confidentiel.
4. Je reconnais que toutes les précautions seront prises pour minimiser les inconvénients et les risques à ma personne et que je peux me retirer de cette recherche à n'importe quel moment pour des motifs que je n'aurai pas à justifier et sans qu'aucun préjudice me soit causé. Mon retrait implique également la destruction des renseignements que j'aurai jusqu'alors fournis.
5. Il est entendu que les résultats des tests et des questionnaires obtenus dans le cadre de cette recherche sont confidentiels et seront conservés sous sécurité tout comme mon formulaire de consentement à l'Université du Québec à Montréal pour une période de 5 ans après la fin du projet. Chaque personne sera identifiée par un numéro.

6. Je donne mon accord pour que les responsables de cette étude puissent utiliser aux fins de la présente recherche (diffusion d'articles, présentations de conférences par exemple) les informations que j'aurai transmises, à la condition qu'aucune composante de nature confidentielle ne sera divulguée de façon à ce que je puisse être identifié(e).

7. À la fin de l'étude, un rapport des résultats dépersonnalisés sera remis aux participants qui en feront la demande.

Date : _____

Signature : _____

Pour l'équipe de recherche : _____

FICHE ÉCOLE

Ecole des Montagnes	Code : 842107	Adresse : 290, rue Brassard, Saint-Michel-des-Saints QC
Téléphone : (450) 833-5262	Télécopieur : (450) 833-5056	Courriel : carmen.gouin@cssamares.qc.ca
Commission scolaire des Samares	DG : Richard Fiset	DR 06, 1 de Laval, des Laurentides et de Lanaudière
Ordre d'enseignement présent dans l'école : Enseignement secondaire		Téléphone : (450) 430-3611
	Actif : <input checked="" type="checkbox"/> SIAA : <input checked="" type="checkbox"/>	Secondaire

Élèves						
	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005		
Secondaire 1	43	23,6%	47	24,1%	56	26,9%
Secondaire 2	40	22,0%	43	22,1%	43	20,7%
Secondaire 3	41	22,5%	36	18,5%	43	20,7%
Secondaire 4	34	18,7%	39	20,0%	36	17,3%
Secondaire 5	24	13,2%	30	15,4%	30	14,4%
Total présence dans l'école	182	100,0%	195	100,0%	208	100,0%
Secondaire général	168	92,3%	173	88,7%	202	97,1%
Exploration prof. 50h et moins	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Exploration prof. plus 50h	0	0,0%	11	5,6%	6	2,9%
Sports-études	14	7,7%	11	5,6%	0	0,0%
Arts-études	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Enrichissement linguistique	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Enrichissement en sciences	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Enrichissement informatique	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Enrichissement multivolets	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Projet alternatif	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Programme international	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Scuten en français	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Garçons inscrits	88	48,4%	102	52,3%	95	45,7%
Nés Québec	177	97,3%	189	96,9%	203	97,6%
Français à la maison	182	100,0%	195	100,0%	208	100,0%
ISPJ et CPER	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
EHDAA intégrés	12	6,6%	25	12,8%	27	13,0%
EHDAA non intégrés	0	0,0%	8	4,1%	0	0,0%

Source : MELS Système DCS 0

Contexte socio-économique 2004-2005				
Indice mère sans diplôme et parents inactifs	École	Milieu	Rang décile	Québec
	41,41	31,09	10	17,24

Source : MELS DRSI

Indicateurs nationaux												
	2001-2002			2002-2003			2003-2004			2004-2005		
	Élèves		Milieu	Élèves		Milieu	Élèves		Milieu	Élèves		Milieu
	N	%	%	N	%	%	N	%	%	N	%	%
Age à l'entrée au secondaire	39	76,9	70,5	46	73,9	71,7	50	82	70,5	39	76,9	72,0
Cycle 1 : sorties sans diplôme	83	2,40	4,09	90	1,11	4,35	99	3,03	4,14	n.d.	n.d.	n.d.
Cycle 2 : sorties sans diplôme	98	4,08	7,53	105	10,4	7,20	109	8,25	7,73	n.d.	n.d.	n.d.
Sec V : sorties avec diplôme	23	86,9	70,9	30	56,6	68,0	30	83,3	68,3	n.d.	n.d.	n.d.
Ensemble sorties avec diplôme ou qualif.	26	76,9	62,3	29	58,6	61,0	37	67,5	61,8	n.d.	n.d.	n.d.
Réussite ensemble des épreuves	177	80,7	87,8	221	80,0	86,3	181	81,7	86,6	n.d.	n.d.	n.d.
Réussite épreuve langue d'enseig. (français)	24	100	92,2	38	47,3	86,3	29	89,6	89,4	n.d.	n.d.	n.d.
Réussite épreuve langue d'enseig. (anglais)	n.d.	n.d.	92,6	n.d.	n.d.	88,6	n.d.	n.d.	95,6	n.d.	n.d.	n.d.

Source : MELS DRSI, Système AGIR

Bâtiments (2005)		Superficie (m2)		
Code bâtiment	Année de construction	Bâtiment	Par élève pour le bâtiment	Par élève pour la CS
842107	1977	3 254	16,60	12,41

Source : MELS Système GDUHO

Environnement technologique		
Années	Nombre ordinateurs	Ratio élèves par ordinateur
2000-2001	30	6
2002-2003	45	4
2004-2005	66	3

Source : MELS DRD - enquête école 2001-2003 et 2005

PERSONNELS (2004-2005)	
	Sec.
Personnel enseignant (en ETP)	13,8
Enseignants âgés de 53 ans et plus	7%
Jeunes enseignants (<5 ans expérience)	20%
Stabilité des enseignants	97%
Qualifié initialement dans le champ principal	53%
Rapport élèves / enseignant	14

Source : MELS Système PFRCS et CE

n.d. : donnée non disponible

Mémo

Date mise à jour : 2005-05-11

Annexe 3 : Tests Conners Parent et enseignant

Échelle de Conners pour les parents - révisée: Version brève (CPRS-R:S)

par C. Keith Conners, Ph.D.

Traduit par Johanne Renaud, M.D., Patrice Oligny, M.Ps. et Suzie Robinson, B.S.W., M.B.A.

Nom de l'enfant: _____	Sexe: M F (Encerchez un)
Date de naissance: ____/____/____ <small>Mois Jour Année</small>	Âge: ____ Année scolaire: ____
Nom du parent: _____	Date d'aujourd'hui: ____/____/____ <small>Mois Jour Année</small>

Instructions: La liste ci-dessous renferme plusieurs problèmes qu'éprouvent communément les enfants. Veuillez coter chaque énoncé à la lumière du comportement de votre enfant durant le dernier mois. Posez-vous la question suivante pour chaque énoncé: "Dans quelle mesure ce comportement a-t-il posé un problème durant le dernier mois?" Encerchez ensuite la cote qui s'applique le mieux. Encerchez 0 pour un comportement qui se produit jamais, rarement ou très peu souvent, et 3 s'il s'agit d'un comportement très typique ou qui se produit très souvent ou fréquemment. Choisissez la cote 1 ou 2 pour ceux qui se classent entre le 0 et le 3. Prière de coter tous les énoncés.

	AUCUNEMENT VRAI (jamais, rarement)	UN PEU VRAI (à l'occasion)	PLUTÔT VRAI (souvent, assez souvent)	TRÈS VRAI (très souvent, fréquemment)
1. Inattentif(ve), facilement distrait(e)	0	1	2	3
2. Éprouve de la colère et des ressentiments	0	1	2	3
3. Difficulté à faire ou à terminer les devoirs	0	1	2	3
4. Ne s'arrête jamais ou agit comme si propulsé(e) par un moteur	0	1	2	3
5. Capacité d'attention brève	0	1	2	3
6. S'argumente avec les adultes	0	1	2	3
7. Gigote les mains ou les pieds, ou se trémousse dans son siège	0	1	2	3
8. Ne termine pas les travaux	0	1	2	3
9. Difficile à contrôler dans les centres d'achat ou à l'épicerie	0	1	2	3
10. Désorganisé(e) ou désordonné(e) à la maison ou à l'école	0	1	2	3
11. Perd son calme	0	1	2	3
12. Doit être suivi(e) de près afin de terminer ses travaux	0	1	2	3
13. Participe, se présente seulement s'il/elle s'intéresse beaucoup au sujet	0	1	2	3
14. Court ou grimpe excessivement lorsqu'il n'est pas approprié	0	1	2	3
15. Problème sur le plan de la capacité d'attention ou de la distraction	0	1	2	3
16. Irritable	0	1	2	3
17. Évite, exprime de la réticence ou a de la difficulté à faire des tâches qui exigent un effort mental soutenu (p. ex. travail scolaire ou devoirs)	0	1	2	3
18. Remuant(e) dans le sens qu'il/elle a la bougeotte	0	1	2	3
19. Devient distrait(e) lorsqu'on lui donne des instructions	0	1	2	3
20. Défie activement les adultes ou refuse de se plier à leurs demandes	0	1	2	3
21. A du mal à se concentrer en classe	0	1	2	3
22. Difficulté à attendre en ligne ou à attendre son tour au jeu ou en groupe	0	1	2	3
23. Quitte son siège en classe ou ailleurs lorsqu'il/elle est demandé(e) de demeurer assis(e)	0	1	2	3
24. Fait des choses par exprès pour agacer les autres	0	1	2	3
25. Ne suit pas les instructions jusqu'au bout et ne termine pas les travaux scolaires, les besognes ou les tâches de travail (non en raison d'un comportement oppositionnel ou d'un défaut de comprendre les instructions)	0	1	2	3
26. Difficultés à jouer ou à entreprendre des activités de loisir tranquillement	0	1	2	3
27. Facilement frustré(e) dans ses efforts	0	1	2	3

Échelle d'évaluation Connors pour enseignant(e)s - révisée: Version brève (CTRS-R:S)

par C. Keith Connors, Ph.D.

Traduit par Johanne Renaud, M.D., Patrice Oligny, M.Ps. et Suzie Robinson, B.S.W., M.B.A.

Nom de l'enfant: _____ Sexe: M F
(Encerclez un)

Date de naissance: ____/____/____ Âge: ____ Année scolaire: ____
Mois Jour Année

Nom de l'enseignant(e): _____ Date d'aujourd'hui: ____/____/____
Mois Jour Année

Instructions: Ci-dessous se trouvent un nombre de problèmes communs que les enfants ont à l'école. Veuillez coter chaque énoncé à la lumière du comportement problématique durant le dernier mois. Posez-vous la question suivante pour chaque énoncé: "Jusqu'à quel point cela a-t-il représenté un problème dans le dernier mois?" Encerclez ensuite la cote qui s'applique le mieux. Encerclez 0 pour un comportement qui se produit jamais, rarement ou très peu souvent, et 3 s'il s'agit d'un comportement très typique ou qui se produit très souvent ou fréquemment. Choisissez la cote 1 ou 2 pour ceux qui se classent entre le 0 et le 3.

Prière de coter tous les énoncés.

	AUCUNEMENT VRAI (jamais, rarement)	UN PEU VRAI (à l'occasion)	PLUTÔT VRAI (souvent, assez souvent)	TRÈS VRAI (très souvent, fréquemment)
1. Inattentif(ve), facilement distrait(e)	0	1	2	3
2. Défiant(e)	0	1	2	3
3. Agité(e) dans le sens de se tortiller	0	1	2	3
4. Oublie des choses qu'il/elle a déjà apprises	0	1	2	3
5. Dérange les autres enfants	0	1	2	3
6. Défi activement ou refuse de se plier aux demandes des adultes	0	1	2	3
7. Est toujours actif(ve) ou agit comme s'il/elle était mené(e) par un moteur	0	1	2	3
8. Faible en orthographe	0	1	2	3
9. N'arrive pas à demeurer en place	0	1	2	3
10. Rancunier(ère) ou vindicatif(ve)	0	1	2	3
11. Se lève de sa chaise en classe ou dans d'autres situations où on s'attend à ce qu'il/elle reste assis(e)	0	1	2	3
12. Tripote ou joue nerveusement avec ses mains ou ses pieds ou, gigote sur sa chaise	0	1	2	3
13. Habileté de lecture inférieure à ses pairs	0	1	2	3
14. Attention de courte durée	0	1	2	3
15. S'obstine avec les adultes	0	1	2	3
16. Porte seule attention aux choses dans lesquelles il/elle est vraiment intéressé(e)	0	1	2	3
17. A de la difficulté à attendre son tour	0	1	2	3
18. Manque d'intérêt dans les travaux scolaires	0	1	2	3
19. Facilement distrait(e) et problèmes d'attention	0	1	2	3
20. Explosif(ve), crise de colère, comportement imprévisible	0	1	2	3
21. Cour partout ou grimpe excessivement dans des situations où cela n'est pas approprié	0	1	2	3
22. Faible en arithmétique	0	1	2	3
23. Interrompt ou fait intrusion dans les activités des autres (ex: dans leurs conversations ou jeux)	0	1	2	3
24. A de la difficulté à jouer ou s'engager calmement (sans trop de bruit) dans des activités de loisirs	0	1	2	3
25. N'arrive pas à finir les choses qu'il/elle débute	0	1	2	3
26. Ne suit pas les instructions jusqu'au bout et n'arrive pas à finir ses travaux scolaires (pas à cause d'un comportement oppositionnel ou d'une incapacité à comprendre les instructions)	0	1	2	3
27. Excitable, impulsif(ve)	0	1	2	3
28. Agité(e), toujours debout et en mouvement	0	1	2	3

8) Depuis combien d'années votre enfant fréquente-t-il les écoles de St-Michel-des-Saints?

_____ années

9) Selon vous, votre enfant présente-t-il des troubles de comportement ?

Oui ___ Non ___ Ne sais pas ___

10) Si oui, avez-vous déjà cherché à consulter un spécialiste pour ce problème?

Oui ___ Non ___ Dans l'affirmative, quel type de spécialiste ?

11) Est-ce qu'un diagnostic a été posé ?

Oui ___ Non ___ Dans l'affirmative, lequel ?

CONSOMMATION ET UTILISATION D'EAU

12) Est-ce que l'eau de votre domicile est consommée ? Oui ___ Non ___

Si oui, environ quel pourcentage d'eau du robinet, selon vous, votre enfant consomme-t-il par rapport à des eaux embouteillées ?

_____ %

13) Est-ce que l'eau de votre domicile est utilisée pour la cuisson?

Oui ___ Non ___ Ne sais pas ___

CONSOMMATION D'ALIMENTS ET DE BOISSONS DE VOTRE ENFANT

16) Votre enfant présente-t-il une intolérance au lactose?

Oui ___ Non ___ Ne sais pas ___

Dans l'affirmative, a-t-il été nourri au lait maternisé

à base de soya ?

Oui ___ Non ___ Ne sais pas ___

17) Veuillez compléter le tableau suivant concernant les habitudes alimentaires de votre enfant

Aliments	Jamais	A l'occasion	Quelques fois par mois	Quelques fois par semaine	Tous les jours
Céréales					
Riz brun					
Bananes					
Fruits en conserve					
Grains entiers : blé, avoine, orge, etc. (dans soupes, pain, muffins)					
Graines: sésame, tournesol, etc.					
Noix : arachides, cashous, etc.					
Légumes verts feuillus : laitue, épinards, brocoli, etc.					
Viandes					
Oufs					
Produits laitiers					

18) Utilisez-vous l'eau du robinet pour la préparation de soupes ?

si oui, environ combien de repas par semaine _____

19) Utilisez-vous l'eau du robinet pour la préparation de jus ?

si oui, environ combien de fois par semaine _____

20) Votre enfant prend-il des douches ?

si oui, à quelle fréquence _____ durée environ _____

QUESTIONS ADRESSÉES DIRECTEMENT À L'ENFANT ?

21) D'après le volume que je te montre (un verre d'eau moyen égalant environ 200-250 ml) combien de verres d'eau provenant du robinet bois-tu par jour environ ?

22) Si tes parents ont de l'eau en bouteille (eau de source) à la maison, combien de verres d'eau en consommes-tu par jour environ ?

23) Combien de fois, par jour, vas-tu boire aux abreuvoirs de ton école ?

24) Selon toi est-ce que tu vas plus souvent aux abreuvoirs de ton école que les autres élèves ?

oui _____ non _____

25) À partir des différentes bouteilles de boissons gazeuses que je te montre peux-tu m'indiquer la quantité que tu bois par jour ?

a) cannette (350 ml) _____

b) bouteille () _____

c) bouteille (1 L et plus) nombre de verres _____

18) Utilisez-vous l'eau du robinet pour la préparation de soupes ?

si oui, environ combien de repas par semaine _____

19) Utilisez-vous l'eau du robinet pour la préparation de jus ?

si oui, environ combien de fois par semaine _____

20) Votre enfant prend-il des douches ?

si oui, à quelle fréquence _____ durée environ _____

QUESTIONS ADRESSÉES DIRECTEMENT À L'ENFANT ?

21) D'après le volume que je te montre (un verre d'eau moyen égalant environ 200-250 ml) combien de verres d'eau provenant du robinet bois-tu par jour environ ?

22) Si tes parents ont de l'eau en bouteille (eau de source) à la maison, combien de verres d'eau en consommes-tu par jour environ ?

23) Combien de fois, par jour, vas-tu boire aux abreuvoirs de ton école ?

24) Selon toi est-ce que tu vas plus souvent aux abreuvoirs de ton école que les autres élèves ?

oui _____ non _____

25) À partir des différentes bouteilles de boissons gazeuses que je te montre peux-tu m'indiquer la quantité que tu bois par jour ?

a) cannette (350 ml) _____

b) bouteille () _____

c) bouteille (1 L et plus) nombre de verres _____

Annexe 5 : Analyses du CTQ concernant la présence du Mn (cheveux, eau des écoles et des résidences)

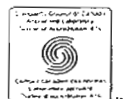
de santé publique

Québec

Centre de toxicologie

Date d'impression : 2005-12-

No. du rapport : 609



Rapport de laboratoire

Client : UQAM/Cinbiose

CP 8888

Succursale Centre-Ville

Montréal, QC H3C 3P8

Demande par : Mme Marie-Eve Renaud

Date de réception des échantillons : 2005-12-08

Requête n° : 29943

Identification	Référence	Date de prél.	Segment (cm)	Manganèse cheveux (Normale : 0-3.0 µg/g) (M-559-D.c) Analyse: LL
CINBIO. A01			0-2	1.7 µg/g
CINBIO. A02			0-2	3.8 µg/g
CINBIO. A03			0-2	4.1 µg/g
CINBIO. A04			0-2	2.6 µg/g
CINBIO. A05			0-2	9.4 µg/g
CINBIO. A06			0-2	6.8 µg/g
CINBIO. A07			0-2	1.9 µg/g
CINBIO. A08			0-2	3.5 µg/g
CINBIO. A09			0-2	1.6 µg/g
CINBIO. A10			0-2	6.3 µg/g
CINBIO. A11			0-2	9.8 µg/g
CINBIO. A12			0-2	2.2 µg/g
CINBIO. A13			0-2	0.28 µg/g
CINBIO. A14			0-2	5.0 µg/g
CINBIO. A15			0-2	1.1 µg/g
CINBIO. A16			0-2	0.88 µg/g
CINBIO. A17			0-2	2.8 µg/g
CINBIO. A18			0-2	9.8 µg/g
CINBIO. A19			0-2	3.7 µg/g
CINBIO. A20			0-2	6.2 µg/g
CINBIO. A21			0-2	1.8 µg/g
CINBIO. A22			0-2	3.9 µg/g
CINBIO. A23			0-2	1.5 µg/g
CINBIO. A24			0-2	20 µg/g
CINBIO. A25			0-2	1.1 µg/g
CINBIO. A26			0-2	2.9 µg/g
CINBIO. A27			0-2	5.3 µg/g
CINBIO. A28			0-2	2.8 µg/g
CINBIO. A29			0-2	10 µg/g
CINBIO. A30			0-2	12 µg/g
CINBIO. A31			0-2	7.6 µg/g
CINBIO. A33			0-2	3.2 µg/g

Laboratoire de toxicologie
915, ave Wolfe
Sainte-Foy, QC
Canada, G1V 5H3

Laboratoire

Tél : (418) 650-5115 poste 5100
Fax : (418) 654-2754
courriel : chlab@mqc.ca

Administration

Tél : (418) 650-5115 poste 57
Fax : (418) 654-2754
courriel : chlab@mqc.ca

Institut national
de santé publique

Québec



Centre de toxicologie



Rapport de laboratoire

Page 2 of 2

Date d'impression : 2005-12-

No. de rapport : 616

Client : UQAM/Cinbiose
CP 8888
Succursale Centre-Ville
Montréal, QC H3C 3P8

Demandé par : Mme Marie-Eve Renaud
Date de réception des échantillons : 2005-12-08
Requête # : 29943

Identification	Référence	Date de prél.	Segment (cm)	Manganèse cheveux (Normale : 0-3.0 µg/g) (M-559-D.c) Analyste: L.L.
CINBIO, A34			0-2	18 µg/g
CINBIO, A35			0-2	1.5 µg/g
CINBIO, A36			0-2	1.2 µg/g
CINBIO, A37			0-2	0.94 µg/g
CINBIO, A38			0-2	2.8 µg/g
CINBIO, A39			0-2	1.6 µg/g
CINBIO, A40			0-2	1.4 µg/g
CINBIO, A41			0-2	3.4 µg/g
CINBIO, A42			0-2	8.3 µg/g
CINBIO, A43			0-2	9.4 µg/g
CINBIO, A44			0-2	4.1 µg/g
CINBIO, A45			0-2	2.8 µg/g
CINBIO, A46			0-2	11 µg/g
CINBIO, A47			0-2	Aucun résultat
CINBIO, A48			0-2	7.6 µg/g
CINBIO, A49			0-2	4.9 µg/g

Commentaire(s) sur l'échantillon du patient A47 CINBIO
Échantillon non reçu

Laboratoire de toxicologie
945, ave. Wolfe
Santé Juv. Qc

Laboratoire Tél (418) 650-5115 poste 5100
Fax (418) 654-2752
courriel: ctoxic@inspq.qc.ca

Administration Tél (418) 650-5115 poste 52
Fax (418) 654-2
Courriel: ctoxic@inspq.qc.ca

Institut national
de santé publique

Québec



Centre de toxicologie

Page 3 d

Date d'impression : 2005-12-

No. de rapport : 606

Rapport de laboratoire



Client : UQAM/Cimbiose

CP 8888

Succursale Centre-Ville

Montréal, QC H3C 3P8

Demande par : Mme Marie-Eve Renaud

Date de réception des échantillons : 2005-12-08

Requête # : 29943

Voir résultats sur page(s) précédents)

Alain LeBlanc, chimiste

Notes

Les résultats ne se rapportent qu'aux échantillons soumis à l'analyse.
Ce rapport ne doit pas être reproduit, même en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.
La source des valeurs de référence, si indiquée, sera soumise sur demande.

Laboratoire de toxicologie
945, ave Wolfe
Sainte-Foy, Qc

Laboratoire

Tel : (418) 634-5115 poste 5109

Fax : (418) 634-2754

courriel : club@unspq.qc.ca

Administration

Tel : (418) 634-5115 poste 5109

Fax : (418) 634-2754

Courriel : club@unspq.qc.ca

Institut national
de santé publique

Québec



Centre de toxicologie



Rapport de laboratoire ÉCOLES

Page 1/1

Date d'impression : 2005-11-

Page de rapport : 6/6

Client : UQAM/Cinbiose
C/P 8888
Succursale Centre-Ville
Montréal, QC H3C 3P8

Demande par : Aline Marie-Fve Renaud
Date de réception des échantillons : 2005-11-16
Requête # : 29421

Identification	Référence	Date de prél.	Manganèse (au # M-559-D.e) Analyse : L.L.
CINBIO, ES01A			190 µg/L
CINBIO, ES01B			190 µg/L
CINBIO, ES01C			190 µg/L
CINBIO, ES02A			190 µg/L
CINBIO, ES02B			190 µg/L
CINBIO, ES02C			190 µg/L
CINBIO, EP01A			190 µg/L
CINBIO, EP01B			190 µg/L
CINBIO, EP01C			190 µg/L
CINBIO, EP02A			190 µg/L
CINBIO, EP02B			190 µg/L
CINBIO, EP02C			190 µg/L
CINBIO, RE01			36 µg/L
CINBIO, RE02			34 µg/L
CINBIO, RE03			34 µg/L

** Cette méthode d'analyse n'est pas incluse dans notre portée d'accréditation

Laboratoire de toxicologie
945, ave Wolfe
Montréal, QC

Laboratoire

Tel : (418) 650-5115 poste 5100
Fax : (418) 654-2754
e-mail : cinlab@inspq.qc.ca

Administration

Tel : (418) 650-5115 poste 25
Fax : (418) 654-2754
Courriel : cinlab@inspq.qc.ca



Rapport de laboratoire

Page 2 sur 2

Date d'impression : 2005-11-2

No de rapport : 5932

Client : UQAM/Cinbiose

CP 8888

Succursale Centre-Ville

Montréal QC H3C 3P8

Demandé par : Marc Marc-Luc Renaud

Date de réception des échantillons : 2005-11-16

Requête # : 29421

Voir résultats sur page(s) précédente(s)

Original signé par : Alain LeBlanc, chimiste

Notes

Les résultats de ce rapport sont ceux des échantillons soumis à l'analyse.

Le rapport ne doit pas être reproduit, même en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.

La liste des valeurs de référence, si indiquées, sera fournie sur demande.

Laboratoire de toxicologie
965, ave Wolfe
Sainte-Foy, Qc

Laboratoire

Tél : (418) 656-5115 poste 5100

Fax : (418) 654-2754

courriel : cto@lab3q.net

Administration

Tél : (418) 656-5115 poste 525

Fax : (418) 654-2140

Courriel : cto@lab3q.net



Rapport de laboratoire

RÉSIDENCES

Client : UQAM/Cinbiose

CP 8888

Succursale Centre-Ville

Montreal, QC H3C 3P8

Demande par : Mme Marie-Eve Thibault

Date de réception des échantillons : 2006-05-17

Requête # : 34525

Identification	Référence	Date de prél.	Manganese eau
			# (M-559-D.e) Analyse: FL
CINBIO, C15			640 µg/L
CINBIO, C16			170 µg/L
CINBIO, C17			280 µg/L
CINBIO, C18			650 µg/L
CINBIO, C19			590 µg/L

Cette méthode d'analyse n'est pas incluse dans notre portée d'accréditation

Alain LeBlanc, chimiste

Titre

Les résultats et rapports relatifs aux échantillons soumis à l'analyse

Le rapport ne doit pas être reproduit, ni en entier, ni à l'autorisation écrite du laboratoire

La suite des valeurs de référence, sera fournie sur demande

Laboratoire de toxicologie
 945, ave Wolfe
 Québec, Qc
 Canada, G1V 5B1

Laboratoire

Tel : (418) 620-7115 poste 5100

Fax : (418) 654-2724

Courriel : ctp@scmstp.qc.ca

Administration

Tel : (418) 650-5215 poste 57

Fax : (418) 654-2724

Courriel : ctp@scmstp.qc.ca

Annexe 6 : Analyses physico-chimique de «Biolab» (2000) et du MDDEP (2005) portant sur l'eau de la municipalité



Division Joliette

24 H

725, rue Marion, Joliette (Québec) J1E 8S3
Tél : (450) 755-4404 / 800 213-9242 / Téléc. : (450) 755-4792

CERTIFICAT D'ANALYSES OFFICIEL

MUNICIPALITÉ DE ST-MICHEL-DES-SAINTS
Mme. Danielle Marneau
441, rue Brassard
St-Michel-des-Saints, Québec
J0K 3B0
Tél : (450) 833-6941
Fax: (450) 833-6081

Certificat: N/A
Version: 0
Date du rapport: 18 décembre 2000
Client: ...
Site: ...
Projet: ...
Nom du Projet: ...
Commande: ...

Données sur le prélèvement

Echantillon: J5436
Votro référence: FE-257
Point d'échantillonnage: 24 Heures
Prélevé par: Michel Gaudreault
État de l'échantillon: conforme

Matière: Eau
Nature de l'échantillon: Eau potable
Date de prélèvement: 5 décembre 2000
Date de réception: 5 décembre 2000

Résultats obtenus

Paramètres	Description	Méthodes	Résultats	Unités	Fin d'analyse
	Couleur apparente	ST	< 5	UCA	...
	Turbidité	S ⁺	0.6	UTN	...
	Alcalinité	ST	52	mg/L	...
	pH	L9703-PHX4 C	8.1	mg/L	...
	Azote ammoniacal	ST	0.03	mg/L	...
	Calcium	S ⁺	37	mg/L	...
	Chlorures	ST	2.50	mg/L	...
	Conductivité	...	200	µmhos/cm	...
	Dureté totale	...	100	mg/L	...
	Fer	ST	0.11	mg/L	...
	Fluorures	S ⁺	0.13	mg/L	...
	Magnésium	ST	3.9	mg/L	...
	Manganèse	S ⁺	0.20	mg/L	...
	Ortho phosphaté	S ⁺	< 0.03	mg/L	...
	Sodium	S ⁺	2.0	mg/L	...
	Matières solides totales	...	140	mg/L	...
	Solides dissous	...	135	mg/L	...
	Sulfates	S ⁺	0.9	mg/L	...
	Sulfures	S ⁺	< 0.02	mg/L	...
	Nitrates-Nitros	S ⁺	< 0.05	mg/L	...
	Coliiformes totaux	L9703 TO1	0	ufc/100ml	6 décembre 2000
	Coliiformes fécaux	L9703 FEC	0	ufc/100ml	6 décembre 2000
	Streptocoques fécaux	L9702 STR	0	ufc/100ml	6 décembre 2000

Commentaires de l'échantillon: Nil

Commentaires du CAC: Nil

ST: Satisfait

MEL: Non effectuée

TMI: Non effectuée (30 jours après la réception de l'échantillon)

MEL: Non effectuée

À moins d'une demande explicite du client, les échantillons d'analyses chimiques seront conservés au maximum 28 jours après l'émission du rapport.

Ce certificat ne peut être reproduit, sinon en entier, sans l'autorisation écrite du laboratoire.

Résultats applicables aux échantillons soumis à l'analyse.

Approuvé par:

Michel Gaudreault, B.Sc. (Microbiologie)

Approuvé par:

Eric Parent, B.Sc. (Chimie)



CONFIDENTIEL

Les laboratoires d'analyse

2005-07-21

14393

AAAA-MM-JJ

Rapport d'analyses - Contrôle physico-chimique inorganique de l'eau potable

Nom de l'exploitant	Nom du laboratoire
Municipalité de Saint-Michel-des-Saints	Certilab inc.

Identification du réseau	
No Dossier	D.R.
17820143-17-01	14
Nom du réseau	St-Michel-des-Saints, rés. mun.
Nom abrégé de l'exploitant	Saint-Michel-des-Saints

À remplir lors du prélèvement

Date du prélèvement	Lieu du prélèvement	Code de lieu de prélèvement
2005-07-20	141 St-Maurice	6 <input checked="" type="checkbox"/> Réseau, installation, entreprise
AAAA-MM-JJ		5 <input type="checkbox"/> Approvisionnement
Echantillon prélevé par le personnel du Attestation		8 <input type="checkbox"/> Camion-réservoir
(D, C, E ou P)		
Prélevé par		Analyse du pH
Danielle Marneau		unité
		mg/L
Laboratoire sans traitement (s'il y a lieu)		
Demande d'accréditation	No. accr.	
11	364	
12	364	
13	364	
14	364	
15	364	
15 ou 18		
15 ou 21		
17		
19		
20		

Rapport du laboratoire traitant

Bouteille(s) traitée(s)	No. accr. du laboratoire traitant	Date du rapport d'analyse
	349	2005-08-01
Remarques		
Signature autorisée		

APPENDICE A
COPIE DE LA MISE EN DEMEURE CONCERNANT LES AVIS
D'ÉBULITION

PAR COURRIEL

Repentigny, le 5 décembre 2006

Monsieur François Laforest
UQUAM

Objet : Demande d'accès à l'ordonnance d'août 2000, eau potable
municipalité de [REDACTED]
V/D :

Monsieur,

Nous avons bien reçu, le 30 novembre dernier, votre demande verbale d'accès à l'information concernant le dossier mentionné en rubrique.

Depuis ce temps, des recherches ont été entreprises afin d'y donner suite. Le dossier est actuellement aux archives du Québec. Dès réception de ce dernier nous vous ferons parvenir le document demandé.

Par ailleurs, en vertu de l'article 46 de la Loi sur l'accès aux documents des organismes publics et sur la protection des renseignements personnels (L.R.Q., c. A-2.1) nous vous signalons que si le délai de vingt jours imparti par la loi pour vous répondre n'est pas respecté, vous aurez droit de recours devant la Commission d'accès à l'information.

Nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments les meilleurs.

IE/if



Isabelle Falardeau
Répondante de la Loi sur l'accès
aux documents

Québec

Ministère
de l'Environnement

N° : 465 Le ministre de l'Environnement

Québec ce, 12 octobre 2000

A : LA MUNICIPALITÉ DE [REDACTED]
[REDACTED] corps [REDACTED] [REDACTED]
[REDACTED] ayant son siège social à [REDACTED]
[REDACTED]

INTIMÉE

**ORDONNANCE DU MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT EN
VERTU DE L'ARTICLE 34 DE LA LOI SUR LA QUALITÉ DE
L'ENVIRONNEMENT
(L.R.Q. c. Q-2, article 34)**

ATTENDU QUE l'intimée exploite sur son territoire deux systèmes d'aqueduc desservant 2455 personnes sur une partie des lots [REDACTED]

ATTENDU QUE selon les renseignements au dossier, l'eau distribuée par les 2 systèmes d'aqueduc exploités par l'intimée présente une problématique chronique et récurrente de dépassement de normes bactériologiques ;

ATTENDU QUE cette situation présente des risques pour la santé publique ;

ATTENDU QUE de ce fait, une rencontre réunissant des représentants de la municipalité et du ministère de l'Environnement a eu lieu le 11 février 1998 ;

ATTENDU QUE lors de cette rencontre, la problématique a été discutée et le Ministère a rappelé à la municipalité ses obligations découlant du *Règlement sur l'eau potable* (Q-2, r. 4.1);

ATTENDU QUE suite à cette réunion, une lettre a été acheminée à la municipalité le 11 mars 1998;

ATTENDU QUE cette lettre confirmait la teneur de la réunion du 11 février 1998 et indiquait notamment :

- que le Ministère recommande à la municipalité de réaliser dans les plus brefs délais la phase II mentionnée dans l'étude du Groupe Forces du 29 janvier 1998 intitulée « Rapport d'étape - Phase I: alimentation supplémentaire en eau potable, [REDACTED] »;
- les appréhensions du Ministère concernant l'utilisation de l'eau en provenance du [REDACTED] servant à l'approvisionnement de ses systèmes d'aqueduc;
- un rappel à la municipalité quant à son obligation légale de fournir une eau conforme aux normes prévues au *Règlement sur l'eau potable*;
- que les campagnes d'échantillonnage devraient être plus fréquentes;
- que la municipalité devait faire part de ses intentions au Ministère dans le mois suivant dans le but de corriger une situation qui ne peut perdurer;

ATTENDU QUE le 20 juin 2000 une autre lettre fut transmise à l'intimée par la Direction régionale de Lanaudière, cette lettre rappelant notamment les points soulevés en 1998 et le fait que l'intimée devait indiquer rapidement ses intentions au Ministère;

ATTENDU QU' à maintes reprises soit, en décembre 1995, en février 1996, en avril 1996, en mai 1996, en octobre 1996, en novembre 1996, en décembre 1996, en janvier 1997, en avril 1997, en juin 1997, en octobre 1997, en juillet 1999, en mars 2000, en juin 2000 ainsi qu'en août 2000, le Ministère a constaté des dépassements des normes applicables, suite à l'examen des résultats d'analyse transmis par la municipalité, et a été informé de l'existence de nombreux avis d'ébullition au cours de ces périodes;

- ATTENDU QUE** le soussigné estime que l'exploitation par l'intimée de ses systèmes d'aqueduc ne présente pas de garantie suffisante pour assurer une distribution d'eau conforme aux exigences prévues à l'article 45 de la *Loi sur la qualité de l'environnement* ;
- ATTENDU QU'** il est nécessaire, pour la protection de la santé des personnes desservies par les systèmes de l'intimée, de redresser la situation ;
- ATTENDU QUE** le soussigné a signifié à l'intimée un avis préalable à une ordonnance le 18 août 2000 ;
- ATTENDU QUE** cet avis mentionnait que l'intimée pouvait présenter au soussigné ses observations dans les quinze (15) jours suivant la date de signification dudit avis ;
- CONSIDÉRANT** que la *Loi sur la qualité de l'environnement* est une loi d'ordre public ;
- CONSIDÉRANT** que, conformément à l'article 19.1 de la même loi, toute personne a droit à la qualité de l'environnement et à sa protection dans la mesure prévue par cette loi et les règlements ;
- CONSIDÉRANT** que, conformément à l'article 45 de la *Loi sur la qualité de l'environnement*, l'exploitant d'un système d'aqueduc doit distribuer de l'eau potable dans la mesure et selon les normes prévues par règlement du gouvernement ;
- CONSIDÉRANT** que, conformément à l'article 9 du *Règlement sur l'eau potable* [Q-2, r. 4.1], l'exploitant d'un système de distribution d'eau doit distribuer une eau conforme aux normes de potabilité prévues aux articles 3 à 8 de ce règlement ;
- CONSIDÉRANT** qu'en vertu de la *Loi sur la qualité de l'environnement* le soussigné exerce le pouvoir de surveillance et de contrôle non seulement sur la qualité de l'eau et du service fourni par l'exploitant mais également sur l'établissement ou l'extension d'un système d'aqueduc ;
- CONSIDÉRANT** que, conformément à l'article 34 de la même loi, le soussigné peut rendre à l'égard de toute municipalité les ordonnances qu'il juge nécessaires en matière d'alimentation en eau potable ;

CONSIDÉRANT que les faits au dossier démontrent que l'exploitation du système d'aqueduc de l'intimée est susceptible de présenter un problème de santé publique en raison du dépassement des normes bactériologiques prescrites à l'article 3 du *Règlement sur l'eau potable* et ce, de façon récurrente depuis plusieurs années ;

CONSIDÉRANT que l'intimée a déposé divers documents le 28 août 2000 à la Direction régionale de Lanaudière ;

CONSIDÉRANT que, suite à l'examen desdits documents, le soussigné estime que le dossier a évolué mais que les engagements fournis par l'intimée sont insuffisants quant à l'échéancier de réalisation des travaux correctifs permanents ;

POUR CES MOTIFS, JE, SOUSSIGNÉ, MINISTRE DE L'ENVIRONNEMENT, ORDONNE À LA MUNICIPALITÉ DE [REDACTÉ] EN VERTU DE L'ARTICLE 34 DE LA LOI SUR LA QUALITÉ DE L'ENVIRONNEMENT (L.R.Q., c. Q-2) DE :

PRENDRE et maintenir toute mesure nécessaire pour assurer aux personnes desservies par les systèmes d'aqueduc situés dans une partie des lots 1 et 2 du rang [REDACTÉ] cadastre du [REDACTÉ] du cadastre [REDACTÉ] et tout dans la municipalité de [REDACTÉ] la distribution d'eau potable conforme aux normes prévues au *Règlement sur l'eau potable* et ce, dès la signification de la présente ordonnance ;

TRANSMETTRE à la Direction régionale de Lanaudière un énoncé des travaux ou mesures visant à assurer une distribution d'eau potable conforme aux normes du *Règlement sur l'eau potable* et leur échéancier de réalisation et ce, dans les dix (10) jours suivant la signification de la présente ordonnance. Les solutions proposées pourront notamment comporter la mise en service de nouvelles sources d'approvisionnement en eau potable, que ces sources soient d'origine souterraine ou une eau de surface ;

PRÉSENTER

à la Direction régionale de Lanaudière pour autorisation dans les trente (30) jours suivant la signification de la présente ordonnance les plans et devis des travaux ou mesures que la municipalité de [REDACTED] a décidé de mettre en œuvre pour résoudre de façon permanente le problème chronique et récurrent de la contamination bactériologique de l'eau distribuée par le système d'aqueduc municipal ;

RÉALISER

les travaux précités dans les quatre-vingt-dix (90) jours suivant la date de leur autorisation par le soussigné.

RECOMMANDE FORTEMENT à la [REDACTED]

[REDACTED] compte tenu des difficultés que son service rencontre pour fournir une eau potable qui respecte les normes précitées, d'émettre des avis de faire bouillir l'eau et de procéder à des prélèvements d'échantillons d'eau pour analyse à une fréquence de 8 par mois en attendant de régler définitivement la situation à la satisfaction du soussigné.

PRENEZ AVIS que l'accès au financement des travaux à effectuer sera facilité dans la mesure du possible.

Le ministre de l'Environnement,



PAUL BÉGIN

APPENDICE B

**EXTRAIT D'UN RAPPORT MUNICIPAL CONCERNANT LA PRÉSENCE
DU Fe ET DU Mn DANS LE RÉSEAU D'AQUEDUC DE LA MUNICIPALITÉ**

aussi.

- 02/09/98 Reparti le chlore avec l'aide de
J'aurai à faire dorénavant la calibration du chlore et
du silicate à toutes les deux semaines
- 06/07/99 J'ai commandé une tête dégazeuse pour les deux pompes
de chlore. Ça ne fonctionne pas bien alors on les a
retournées.
- 05/08/99 J'ai débranché les pompes de chlore et de silicate sur
la rue Marie-Laure car la pompe de chlore se
désamorçait continuellement. Maintenant, je fonctionne
seulement avec les pompes de la rue Durand en tenant le
chlôre entre 0,15 mg/L et 0,25 mg/L.

- 01/11/97 M. M. [REDACTED] a changé la colonne de calibration du silicate sur la rue Durand car elle ne fonctionnait pas bien.
- 10/11/97 Vérification de calibration par M. [REDACTED]
- 24/11/97 Calibration par M. F.
- 08/12/97 Calibration par M. [REDACTED] le chlore sur la rue M-Laure était 2 fois trop élevé et le silicate ne fonctionnait pas. Du 1^{er} au 7 décembre, le silicate sur la rue M-Laure a fonctionné seulement une journée. La population emploie de plus en plus de l'eau embouteillée et l'eau tache encore. Il y a encore des plaintes.
- 13/12/97 F. [REDACTED] est venu repartir le chlore est le silicate car le système n'a pas bien fonctionné lors de la dernière semaine.
- 15/12/97 Commande de pièces réductrices de débit pour les pompes doseuses sur la rue Marie-Laure.
- 16/12/97 Visite de [REDACTED] et vérification des systèmes de chlore et de silicate
- 30/12/97 Calibration par des pompes station Durand et Marie-Laure. F. Lavallée.
- 12/01/98 Calibration par F. [REDACTED]
- 26/01/98 Calibration par F. [REDACTED]
- 03/08/98 Réunion avec le Groupe Forces et le Conseil. D'après Marcel Jolicoeur, l'hydrogéologue, nous devons arrêter le dosage de l'hypochlorite de sodium et doser seulement le silicate. La décision du Conseil est donc l'arrêt du dosage de l'hypochlorite de sodium.
- 04/08/98 Arrêt des deux pompes doseuses d'hypochlorite de sodium.
- 22/08/98 Plainte de Donatien Morin disant que l'eau ne sent pas bon et qu'elle est dure sur la peau et les cheveux.
- 01/09/98 Plainte de [REDACTED] de la rue Boucher : l'eau ne sent pas bon.
- 01/09/98 Mme [REDACTED] de la rue St-michel dit que l'eau sent mauvais. Danielle Marineau de la rue des aulnaies

29/08/97 Visite de M. [REDACTED]

02/09/97 Visite non-officielle de M. [REDACTED]

05/09/97 Visite non-officielle de M. [REDACTED]

09/09/97 calibration de M. [REDACTED]

15/09/97 Inspection des pompes par le vendeur, M. [REDACTED]
[REDACTED] Il devra changer les suctions ainsi qu'un diaphragme sur la pompe de chlore rue Durand.

18/09/97 M. [REDACTED] est venu changer les « check-valves » de la pompes de silicate sur la rue Marie-Laure pour les installer sur la pompe de chlore sur la rue Durand afin que le traitement s'effectue au moins dans un bâtiment. « visite non-officielle »

19/09/97 Le changement de « check-valves » n'a pas solutionné le problème car ce sont les diaphragmes des pompes qui sont défectueux. MM. [REDACTED] ont confirmé la défectuosité des diaphragmes car les pompes pour le chlore n'étaient pas dotées de diaphragme pour cet usage. Ils ont commandé des pièces de remplacement et elles sont garanties. « visite non-officielle »

25/09/97 M. [REDACTED] est venu nous proposer une solution pour contrer le problème de formation de bulles d'air dans les pompes de chlore. Il s'agit de se munir d'un réservoir de 20 gallons sur M-Laure et de 40 gallons sur Durand et de descendre les pompes au niveau du bas du réservoir afin que la pompe pousse le chlore au lieu de le tirer.

30/09/97 Installation de 2 réservoirs de chlore sur les rues Durand et Marie-Laure (20 et 40 gallons) ainsi que 2 colonnes de calibration pour le chlore.

02/10/97 Calibration. [REDACTED]

06/10/97 Plainte de [REDACTED] L'eau tache son bain, ses toilettes.

12/10/97 Plaintes au sujet de senteurs et de goûts de chlore.

15/10/97 Calibration de [REDACTED]

28/10/97 Calibration de [REDACTED]

13/05/97 Nettoyage du réservoir no. 1.

20/05/97 Nettoyage du réservoir no. 2.

20/05/97 Rencontre de ~~Michel Lavallée~~ avec ainsi que pour vérifier les plans d'acqueduc pour le drainage unidirectionnel du réseau. M. a apporté les plans.

27/05/97 M. est venu vérifier les plans pour les vannes et les drains afin de les situer sur son plan. M. va rapporter les plans lundi le 2 juin que la municipalité a prêté à son fils

02/07/97 M. a apporté les plans A et B pour le drainage unidirectionnel du réseau.

22/07/97 M. est venu vérifier avec le sous-contractant François Robitaille la manière d'installer les pompes doseuses.

29/07/97 M. est venu commencer l'installation des pompes doseuses.

05/08/97 M. est venu terminer l'installation des pompes doseuses.

08/08/97 Visite de pour une calibration du silicate et du chlore.

11/08/97 Visite de M. pour vérification de la calibration.

14/08/97 Vérification du système de traitement par m. Lavallée, les pompes ne pompent plus.

18/08/97 Visite de M. , les pompes ne fonctionnent plus. Il a dû les purger et les repartir de nouveau.

20/08/97 j'ai vérifié que la pompe du chlore ne dosait pas. Je l'ai saignée et reparti le système de chloration.

22/08/97 Vérification du système de chloration : ne fonctionne pas sur la rue Durand. Je l'ai reparti. Visite de M. a nettoyé la bille (check-valve) de la sonde du chlore.

25/08/97 Visite de

14/03/97 Rencontre avec M. [REDACTED] pour discuter d'un traitement d'eau au silicate de sodium.

18/03/97 J'ai discuté avec M. [REDACTED] de la ville de St-Émile au sujet du traitement au silicate de sodium. Il est très satisfait des progrès sur la corrosion.

20/03/97 Après plusieurs reprises, j'ai rejoint M. [REDACTED] de la ville de Chateauguay et nous avons discuté de leur problèmes de corrosion et il est très satisfait de l'amélioration de leur réseau.

24/03/97 [REDACTED] a rappelé pour dire qu'il a vidangé son réservoir d'eau chaude 2 fois et que l'odeur revient.

26/03/97 Mme. [REDACTED] se plaint d'odeurs nauséabondes.

07/04/97 Pris un échantillon de fer et manganèse pour analyse.

09/04/97 Rencontre de M. [REDACTED] avec le Conseil pour des explications sur le traitement.

10/04/97 J'ai rencontré Thierry Friere du Groupe Force et on a regardé ensemble l'usine d'eau potable. Ils vont nous donner une solution pour le problème de fer- manganèse.

11/04/97 j'ai rappelé [REDACTED] pour qu'il me poste les documents de H.G.E.

18/04/97 J'ai appelé Yves Lamarché de SILICATE NATIONAL afin de savoir le prix pour le traitement au silicate (pas de réponse).

21/04/97 J'ai rappelé [REDACTED] et on va recommuniquer plus tard.

21/04/97 Le Conseil accepte l'offre de M. [REDACTED]

25/04/97 [REDACTED] du dépanneur [REDACTED] vérifie les prix du silicate de sodium auprès de SANY.

25/04/97 Visite des lieux avec M. [REDACTED] afin d'installer un serpentín pour le dosage ultérieur du silicate de sodium.

05/05/97 Analyse pour le fer et le manganèse.

08/05/97 Rencontre avec [REDACTED] pour le nettoyage des réservoirs et une proposition pour le nettoyage unidirectionnel du système de bornes-fontaine.

me rappeler.

- 17/12/96 du Groupe Force a communiqué avec moi pour nous offrir leurs services. C'est une firme d'ingénieurs qui ont fait plusieurs projets. Nous avons discuté de l'usine. C'est cette firme qui a géré le projet de la municipalité de St-Ambroise.
- 18/12/96 M. le la Firme d'ingénieurs Conseil du Groupe Séguin m'a rappelé au nom de la municipalité de St-Esprit concernant le problème de Mn et Fe et d'un éventuel traitement.
- 18/12/96 M. a communiqué avec moi pour me dire qu'il ne connaît pas le traitement (sable/agrégat) de St-Ambroise avec tour qui bâtit une pression.
- 19/12/96 J'ai rappelé M. le St-Alphonse pour qu'il m'indique le genre de traitement. C'est un traitement au sable vert avec permanganate de potassium (KMnO4). Il ont de grandes concentrations de manganèse. Les habitants font leur lessive en y ajoutant soit du Lestoil, Spic'n'Span, produit SANY, Tang.
- 20/12/96 J'ai communiqué avec Mme. afin de lui parler du problème de Mn et lui mentionner que d'autres firmes nous ont contacté. Elle a mentionné que M. Louis allait en discuter avec m. après le congé des fêtes (début janvier).
- 30/12/96 J'ai commencé à consulter le devis de la ville de St-Lazarre (aménagement et coût) et j'ai aussi regardé le document de la firme d'ingénieurs conseil : le Groupe Séguin.
- 07/01/97 J'ai fait des photocopies et en ai remis une partie du rapport à M. Renée.
- 07/01/97 Thierry de la firme d'ingénieurs Groupe Force m'a rappelé et il va venir visiter notre usine lors d'une visite à Ste-Émilie-de-l'Énergie.
- ⇒ 09/01/97 M. René a communiqué avec moi pour discuter de la provenance du fer et du manganèse afin de refaire une recherche en eau ailleurs. Il veut aussi que l'on

RAPPORT FER (Fe) MANGANESE (Mn)

par [REDACTED]

- /02/95 M. [REDACTED] a plaint de senteurs nauséabondes lorsqu'il se sert de l'eau chaude, situé au 881 Normand
- /08/96 [REDACTED] de la municipalité de St-Lazarre dit à Nathalie Bélisle lors d'une rencontre à son bureau qu'ils ont rencontré le même problème de fer et de manganèse que nous. Voir la pièce justificative.
- 07/11/96 Première analyse effectuée par Labexcel pour le Fe et Mn.
- 16/12/96 Demande à [REDACTED] d'envoyer un avis public indiquant une concentration élevée de fer et de manganèse. Voir pièce justificative.
- 16/12/96 J'ai appelé M. [REDACTED] de la municipalité de St-Ambroise et nous avons discuté du coût de l'usine ainsi du genre de traitement. Ils ont un traitement avec un genre d'agrégat qui fait le lit filtrant (au lieu du sable vert), du potassium et une tour (réservoir) qui bâtit une pression, un système de "back wash". M. [REDACTED] parlé d'environ \$125 000.00 pour le bâtiment. Ensuite il y a le traitement au potassium. Ils consomment 300 M3/d. Ils avaient des concentrations de l'ordre de 0,365 mg/L. numéro de téléphone: (514) 755-4782, no. fax: (514) 756-6364. M. [REDACTED] m'a invité à visiter son usine.
- 16/12/96 J'ai appelé le responsable de l'usine de filtration et ils m'ont référé à M. [REDACTED] du Groupe Ségion. Numéro de téléphone: (514) 839-3629 Fax: 839-2380.
- 16/12/96 J'ai appelé M. [REDACTED] de St-Alphonse-de-Rodriguez et il m'a dit qu'ils consomment 137 M3/d. No. de tél.: 883-2264.
- 16/12/96 J'ai communiqué avec M. [REDACTED] (chef technique) de St-Lazarre et il va m'expédier le rapport technique de leur usine au filtre au sable vert. No. de tél.: 424-8000 no. fax.: 455-6224.
- 17/12/96 J'ai communiqué avec [REDACTED] du laboratoire d'analyses Labexcel pour des informations sur le lit filtrant (agrégat) saturé au potassium (KMnO4). Il va

APPENDICE C

EXTRAIT DE LA PRÉSENTATION DE RÉSEAU ENVIRONNEMENT :
«Le point sur les dispositifs individuels de traitement de l'eau au Québec»

2 Les solutions

On doit se préoccuper prioritairement de proposer des solutions pour l'alimentation en eau des résidences isolées car

- Elles représentent une proportion significative de la population plus de 10% selon les estimations du MDDEP.
- En eau de surface, l'eau est reconnue comme étant toujours contaminée sur le plan microbiologique. En eau souterraine, il n'existe pas d'étude à l'échelle du Québec mais on rappelle que les résultats de la campagne de trousse d'analyses de 2001 avaient fait ressortir un taux de hors norme de 7,7% pour *E. coli* et 1,4% pour les nitrates sur environ 16 000 analyses de puits.
- L'intervention gouvernementale se limite actuellement à :
 - Une obligation d'analyse d'eau sur les nouveaux puits (sans suivi sur les hors-normes).
 - Pour certains types de DTEP, une obligation de performance (NSF); cette obligation est attachée à l'installation.
 - Une obligation visant l'installation des DTEP par des plombiers.

Nos recommandations visent un ensemble d'interventions :

- L'information et la sensibilisation des résidences isolées en matière de risques de contamination de l'eau brute, de nécessité d'analyse, de choix de procédé, de technologie, de spécialiste, d'entretien. LE MDDEP et le réseau de la Santé sont les acteurs possibles.
- Compléter l'obligation d'analyse actuelle pour les nouveaux puits par celle des prises d'eau de surface. Également compléter l'obligation d'analyse par un suivi des cas de hors-normes. Une solution de type réglementation provinciale – application municipale comme en assainissement de résidences isolées est à examiner.
- L'obligation d'analyse annuelle est théoriquement possible mais difficile d'application.
- En alternative, l'Ontario et l'Alberta offrent aux résidences isolées des analyses bactériologiques gratuites via le réseau de la Santé. L'idée est très intéressante car elle

- L'entretien par un spécialiste et les analyses de contrôle : près de 50% des répondants déclarent avoir fait entretenir leur DTEP et fait faire des analyses au moins 1 fois par an.
- Satisfaction globale élevée avec un moyenne de 8,2 / 10.

c) Le terrain

Parmi les répondants du 2^e sondage l'équipe de projet a réalisé 26 visites qui ont permis de constater de visu la situation, de faire des mesures sur place et de prélever des échantillons qui ont été analysés au laboratoire du MDDEP

- La situation en matière de qualité d'eau brute n'est pas reluisante : dans près de la moitié des cas, celle-ci ne respecte pas les critères de potabilité. La proportion est de 100 % en eau de surface et de 45 % en eau souterraine. C'est surtout la bactériologie qui est en cause. On relève aussi 1 cas de dépassement de la norme en nitrites-nitrates et 1 cas de dépassement du seuil d'action DSP en arsenic.
- Comme 77 % des usagers boivent leur eau traitée, il est important que les DTEP livrent la marchandise.
- Malheureusement sur les 13 usagers qui boivent leur eau et qui ont une eau brute contaminée, 6 (46 %) boivent une eau non potable. Cette situation est préoccupante car elle signifie que presque la moitié des usagers qui ont un DTEP et qui ont une eau brute contaminée ne règlent pas leur problème.
- Notons que cette dernière situation se retrouve fréquemment en eau souterraine où 60 % des usagers dont l'eau brute est contaminée boivent une eau traitée non potable.
- Le mauvais choix de procédé est la première cause de non-performance (42 %). Suivent, ex aequo à 21 %, la mauvaise application de la technologie et l'utilisateur qui débranche ou court-circuite un appareil.
- Le mauvais choix de procédé s'explique en partie par le fait que, dans 82 % des cas, l'utilisateur visait initialement à corriger un problème d'ordre esthétique (dureté, Fe ou Mn, odeurs) alors qu'un problème relié à la santé n'avait pas été diagnostiqué.
- Près de la moitié des usagers ne font aucun suivi de la qualité de l'eau (analyse). Les cas d'eau traitée non-potable et consommée se retrouvent dans cette catégorie.
- L'absence totale de vérification par un spécialiste se retrouve dans près de 30 % des cas.
- L'installation n'est pas un enjeu majeur.

Le point sur les dispositifs individuels de traitement de l'eau au Québec
Hubert Demard, ing MScA
Chargé de projets RÉSEAU environnement

En 2003, le Ministère de l'Environnement confiait à RÉSEAU un mandat visant à faire le point sur la situation québécoise en matière d'utilisation des purificateurs domestiques d'eau (appelés dispositifs de traitement d'eau potable ou DTEP par la Régie du Bâtiment)) et à proposer des pistes de solutions.

1) Les principaux résultats

a) La pénétration des DTEP au Québec

Un sondage sur 800 répondants dans toute le Québec a fait ressortir les résultats suivants :

Présence de DTEP : 10 % des résidences québécoises ont un DTEP; ce chiffre s'établit à 6 % dans le cas de résidences raccordées à un réseau, 25 % des résidences sur puits individuel et 35 % des résidences ayant une prise d'eau dans un cours d'eau. Au total, la moitié des DTEP se retrouvent chez des usagers raccordés à un réseau.

Type de DTEP : les résidences raccordées à un réseau ont surtout des DTEP de type point d'utilisation (PdU) alors que les résidences isolées sont surtout équipées de DTEP de type point d'entrée (PdE).

Consommation de l'eau : les 2/3 des répondants consomment l'eau du robinet.

b) Pourquoi et comment les DTEP?

Pour les 400 répondants d'un 2^e sondage, les résultats obtenus sont les suivants :

- Motivation première de l'usager : dans 81 % des cas l'achat est motivé pour des considérations de couleur, odeur, goût et des problèmes de lavage et de dureté. La santé n'intervient que dans 16 % des cas. Les autres cas originent d'obligations reliées à une transaction immobilière.
- L'âge moyen des DTEP est de 9 ans et on note que le rythme d'installation a doublé dans les 5 dernières années.
- Qui a vendu le DTEP? Majoritairement les entreprises dites spécialisées, puis les magasins non spécialisés puis les plombiers. Notons que les magasins vendent surtout des DTEP de type PdU.